

Treball de Fi de Grau

## **Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials**

### **Propostes de Millora Energètica de l'Edifici I de l'ETSEIB**

#### **MEMÒRIA**

**Autora:** Laia Pons Garcia  
**Directora:** Elisabet Mas De Les Valls  
**Convocatòria:** Setembre 2018



Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria Industrial de Barcelona





## Resum

El treball de fi de grau presentat a continuació es compon de dues parts ben diferenciades. En primera instància s'ha dut a terme la certificació energètica de l'Edifici I de l'ETSEIB mitjançant la recerca acurada de la seva composició. I en la segona fase s'ha fet un anàlisi exhaustiu de propostes de millora energètica per tal d'augmentar la sostenibilitat de d'aquest edifici.

El procés de certificació energètica, es troba adjuntat com a Annex donat que en un inici es va considerar prendre la certificació energètica ja feta d'aquest edifici i procedir directament en la segona fase. Això però, no va ser possible, de manera que s'ha refet tota la certificació des de l'inici amb el programa CE3X.

A mode de resum del projecte, en primer lloc s'explica que és una certificació energètica, perquè s'utilitzen i el seu marc legislatiu.

A continuació, es fa un exhaustiu anàlisi de resultats del càlcul de demanda i consum obtinguts en la simulació de l'edifici i per tant en la certificació energètica, valorant si són coherents. En aquest estudi, també s'esmenten totes les hipòtesis preses durant el procés de certificació.

Com a nexa entre la certificació realitzada i en la que es va basar en un inici, s'ha decidit fer una comparativa entre els dos programes utilitzats, explicant com funciona cada un i les diferències de com s'introdueix la informació, per fer més entenedora la discrepància de resultats.

Tot seguit, s'ha procedit a estudiar una sèrie de mesures tant constructives com d'instal·lacions. Incloent en cada una, la millor opció per la situació actual de l'edifici, contrastant-la amb les seves alternatives, l'estalvi energètic que aportarien en cada cas i un estudi de viabilitat econòmica.

Ja com a tancament del treball, s'ha fet una combinació de les millors propostes analitzades tenint en compte els paràmetres estudiats en cada cas, contemplant la reducció dels paràmetres energètics i la qualificació energètica que aportarien, així com els seu corresponent estudi econòmic.





# Sumari

<b>SUMARI</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDEX DE FIGURES</b>	<b>7</b>
<b>1. INTRODUCCIÓ</b>	<b>11</b>
1.1. Antecedents i motivació.....	11
1.2. Objectius del projecte .....	11
1.3. Abast del projecte.....	12
<b>2. CERTIFICACIÓ ENERGÈTICA</b>	<b>13</b>
2.1. Conceptes bàsics.....	13
2.1.1. Normativa .....	14
2.2. Anàlisi de resultats.....	15
2.2.1. Hipòtesis preses .....	16
2.2.2. Anàlisi del càlcul de la demanda.....	16
2.2.3. Anàlisi del càlcul de consums i qualificació energètica .....	19
2.3. Comparativa CE3X – CYPECAD i HULC .....	24
2.3.1. Diferències del funcionament dels programes.....	24
2.3.2. Diferències de com s'entra la informació .....	26
<b>3. PROPOSTES DE SOLUCIONS CONSTRUCTIVES</b>	<b>31</b>
3.1. Vidres .....	31
3.1.1. Descripció de la situació actual .....	31
3.1.2. Descripció de la millora i zona d'actuació .....	34
3.1.3. Estalvi energètic .....	38
3.1.4. Valoració econòmica .....	41
3.2. Aïllament interior.....	47
3.2.1. Descripció de la situació actual .....	47
3.2.2. Descripció de la millora i zona d'actuació .....	49
3.2.3. Estalvi energètic .....	52
3.2.4. Valoració econòmica .....	54
3.3. Aïllament exterior.....	58
3.3.1. Descripció de la situació actual .....	58
3.3.2. Descripció de la millora i zona d'actuació .....	58
3.3.3. Estalvi energètic .....	61
3.3.4. Valoració econòmica .....	64

<b>4. PROPOSTES D'INSTAL·LACIONS</b>	<b>69</b>
4.1. Enllumenat.....	69
4.1.1. Descripció de la situació actual.....	69
4.1.2. Descripció de la millora .....	70
4.1.3. Estalvi energètic .....	71
4.1.4. Valoració econòmica .....	72
4.2. Panells fotovoltaics .....	76
4.2.1. Descripció de la situació actual.....	76
4.2.2. Descripció de la millora .....	79
4.2.3. Estalvi energètic .....	80
4.2.4. Valoració econòmica .....	80
<b>5. ANÀLISI DE PROPOSTES COMBINADES</b>	<b>85</b>
5.1. Descripció de les millores escollides.....	85
5.2. Estalvi energètic .....	86
5.3. Valoració econòmica .....	88
5.3.1. Pressupost .....	88
5.3.2. Estudi de viabilitat econòmica .....	89
5.3.3. Càlcul d'emissions de CO <sub>2</sub> .....	91
<b>CONCLUSIONS</b>	<b>93</b>
<b>REFERÈNCIES</b>	<b>95</b>
Referències bibliogràfiques .....	95
<b>ANNEX I. SIMULACIÓ DE L'EDIFICI I AMB CE3X</b>	<b>97</b>
<b>ANNEX II. DOCUMENT CERTIFICACIÓ DEL CE3X</b>	<b>115</b>
<b>ANNEX III. CARACTERÍSTIQUES DELS EQUIPS DE CLIMATITZACIÓ</b>	<b>123</b>
<b>ANNEX IV. DOCUMENTACIÓ GRÀFICA</b>	<b>127</b>
<b>ANNEX V. DADES TÈCNIQUES</b>	<b>133</b>
<b>ANNEX VI. PREUS DESGLOSSATS</b>	<b>151</b>

## ÍNDEX DE FIGURES

FIG. 2.1. IMATGE REPRESENTATIVA DE LES SECCIONS DEL DB-HE, EXTRETA DE LA REFERÈNCIA [22].	14
FIG. 2.2. TAULA 2.3 DEL DB-HE. BARCELONA ES CORRESPON AMB LA ZONA CLIMÀTICA C.	15
FIG. 2.3. TAULA AMB LES HIPÒTESIS PRESES PER FER LA SIMULACIÓ.	16
FIG. 2.4. TAULA AMB ELS VALORS DE DEMANDES ENERGÈTIQUES ANUALS.	17
FIG. 2.5. GRÀFIC COMPARATIU DE LES DADES DE DEMANDES ENERGÈTIQUES ANUALS.	17
FIG. 2.6. ESQUEMA DELS FLUXOS DE CALOR A L'HIVERN DU.	18
FIG. 2.7. RESULTATS OBTINGUTS DE LA CERTIFICACIÓ ENERGÈTICA AMB LA SEVA LLETRA CORRESPONENT.	20
FIG. 2.8. TAULA AMB ELS VALORS DE DEMANDES ENERGÈTIQUES I ELS CONSUMS D'ENERGIA.	20
FIG. 2.9. GRÀFIC COMPARATIU DE LES DADES DE DEMANDES I CONSUMS ENERGÈTICS.	21
FIG. 2.10. TAULA QUE ENS RETORNA EL PROGRAMA CE3X AMB ELS VALORS DE CONSUM.	21
FIG. 2.11. GRÀFIC CIRCULAR AMB ELS CONSUMS ENERGÈTICS DELS INDICADORS PARCIALS.	22
FIG. 2.13. GRÀFIC CIRCULAR AMB LES EMISSIONS DE CO <sub>2</sub> DELS INDICADORS PARCIALS.	22
FIG. 2.14. REPRESENTACIÓ DE LA BASE DE DADES DEL CE3X EXTRETA DEL MANUAL[1].	25
FIG. 2.15. TAULA ESQUEMÀTICA AMB ELS TRES PRINCIPALS DE LES DIFERÈNCIES ENTRE ELS PROGRAMES.	27
FIG. 3.1. FAÇANA DE LA CARA SUD.	32
FIG. 3.2. EFECTE DE LES CAMBRES EN MARCS DE PVC EN TRANSICIÓ DE CALOR A L'HIVERN.	33
FIG. 3.3. DADES DE TRANSMITÀNCIA SEGONS EL MATERIAL DE LA FUSTERIA EXTERIOR.	33
FIG. 3.4. IMATGE PERTANYENT A L'INTERIOR DE LA FAÇANA SUD DE LA PLANTA 1.	35
FIG. 3.5. IMATGE REPRESENTATIVA DE L'ESTÈTICA DELS VIDRES SUNERGY DARK BLUE.	36
FIG. 3.6 I FIG. 3.7. VIDRES FOTOVOLTAICS I UN VIDRE FOTOVOLTAIC AMB GRAU DE TRANSPARÈNCIA ELEVAT.	37
FIG. 3.8. TAULA RESUM DE LES CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES DELS VIDRES D'ESTUDI.	37
FIG. 3.9. TAULA COMPARATIVA AMB LES DADES DE LA SITUACIÓ ACTUAL I LES DELS VIDRES SUNERGY.	38
FIG. 3.10 I FIG. 3.11. GRÀFICS COMPARATIU DE LES DADES DE DEMANDES ENERGÈTIQUES.	39
FIG. 3.12. TAULA COMPARATIVA AMB LES DADES DE LA SITUACIÓ ACTUAL I LES DELS VIDRES FOTOVOLTAICS.	40
FIG. 3.13 I FIG. 3.14. GRÀFICS COMPARATIUS DE LES DEMANDES DE CALEFACCIÓ I REFRIGERACIÓ.	40
FIG. 3.15. TAULA AMB LES DADES DE CONSUM DE TOTES LES SIMULACIONS DELS VIDRES.	41
FIG. 3.16. TAULA AMB ELS PREUS DESGLOSSATS I LA INVERSIÓ GLOBAL DELS VIDRES D'ESTUDI.	41
FIG. 3.17. TAULA AMB EL CÀLCUL DE VIABILITAT ECONÒMICA PELS VIDRES SUNERGY.	42
FIG. 3.18. GRÀFIC DELS FLUXOS DE CAIXA I EL VALOR ACUMULAT PELS VIDRES SUNERGY.	43
FIG. 3.19. TAULA AMB ELS VALORS DE VAN, TIR I PERÍODE DE RETORN DE LA INVERSIÓ DE VIDRES SUNERGY.	43
FIG. 3.20. TAULA AMB EL CÀLCUL DE VIABILITAT ECONÒMICA PELS VIDRES FOTOVOLTAICS.	44
FIG. 3.21. GRÀFIC DELS FLUXOS DE CAIXA I EL VALOR ACUMULAT PELS VIDRES FOTOVOLTAICS.	45
FIG. 3.22. TAULA AMB EL VAN, TIR I PERÍODE DE RETORN DE LA INVERSIÓ DE VIDRES FOTOVOLTAICS.	45
FIG. 3.24. VALORS D'EMISSIONS DE CO <sub>2</sub> DELS INDICADORS PARCIALS I GLOBAL DELS VIDRES SUNERGY.	46
FIG. 3.25. TAULA AMB ELS VALORS AGRUPATS DE LES EMISSIONS DE CO <sub>2</sub> I L'ESTALVI PRODUÏT EN CADA CAS.	46
FIG. 3.26. FAÇANA DE LA CARA NORD.	47
FIG. 3.27. FAÇANA DE LA CARA SUD.	48
FIG. 3.28. DIFERÈNCIA GRÀFICA ENTRE ELS TRES TIPUS D'EXTRADOSSATS DE PLADUR.	50
FIG. 3.29. ESQUEMA D'UN EXTRADOSSAT AUTOPORTANT DE PLADUR.	51

FIG. 3.30. PROPIETATS TÈRMiques DELS MATERIALS QUE COMPOSEN L'EXTRADOSSAT.....	51
FIG. 3.31. TAULA QUE COMPARA LES TRANSMITÀNCIES DE LA FAÇANA A ACTUAL AMB L'EXTRADOSSAT.....	51
FIG. 3.32. FAÇANA NORD ON TANT LA PLANTA BAIXA COM LA PLANTA 1 PERTANYEN A LA FAÇANA A.....	52
FIG. 3.33. TAULA COMPARATIVA .....	53
FIG. 3.34 I FIG. 3.35. GRÀFICS DE LES DADES DE DEMANDES ENERGÈTIQUES DE CALEFACCIÓ I REFRIGERACIÓ.....	53
FIG. 3.36. TAULA AMB LES DADES DE CONSUM I ESTALVI ENERGÈTIC DE LA SIMULACIÓ AMB L'EXTRADOSSAT.....	54
FIG. 3.37. TAULA AMB EL PRESSUPOST DE LA INVERSIÓ DEL REVESTIMENT INTERIOR.....	54
FIG. 3.38. TAULA AMB EL CÀLCUL DE VIABILITAT ECONÒMICA PER L'EXTRADOSSAT DE GUIX LAMINAT.....	55
FIG. 3.39. GRÀFIC DELS FLUXOS DE CAIXA I EL VALOR ACUMULAT PER L'EXTRADOSSAT DE GUIX LAMINAT.....	56
FIG. 3.40. TAULA AMB ELS VALORS DE VAN, TIR I PERÍODE DE RETORN DE L'EXTRADOSSAT DE GUIX LAMINAT.....	56
FIG. 3.41. TAULA AMB ELS VALORS AGRUPATS DE LES EMISSIONS DE CO <sub>2</sub> I L'ESTALVI PRODUÏT.....	57
FIG. 3.42. VALORS D'EMISSIONS DE CO <sub>2</sub> DELS INDICADORS DE LA FAÇANA A AMB L'EXTRADOSSAT.....	57
FIG. 3.43. ESQUEMA BÀSIC D'UN SISTEMA SATE.....	59
FIG. 3.44. ESQUEMA DESGLOSSAT DEL SISTEMA SATE .....	60
FIG. 3.45. TAULA AMB ELS VALORS DE CONDUCTÀNCIES DELS MATERIALS QUE COMPOSEN EL SATE .....	61
FIG. 3.46. TAULA DE LES TRANSMITÀNCIES DE LA FAÇANA A I B ACTUALS I AMB EL SATE INCORPORAT.....	61
FIG. 3.47. FAÇANA EST ON TANT LA PLANTA BAIXA COM LA PLANTA 1 PERTANYEN A LA FAÇANA A.....	62
FIG. 3.48. TAULA COMPARATIVA AMB LES DADES DE LA SITUACIÓ ACTUAL I EL SATE A TOTA LA FAÇANA.....	63
FIG. 3.49 I FIG. 3.50. GRÀFICS DE LES DADES DE DEMANDES DE LA MILLORA .....	63
FIG. 3.51. TAULA AMB LES DADES DE CONSUM I ESTALVI DE LA SIMULACIÓ AMB EL SATE.....	64
FIG. 3.52. TAULA AMB EL PRESSUPOST DE LA INVERSIÓ DEL REVESTIMENT EXTERIOR.....	64
FIG. 3.53. TAULA AMB EL CÀLCUL DE VIABILITAT ECONÒMICA PER LA IMPLEMENTACIÓ DEL SATE.....	65
FIG. 3.54. GRÀFIC DELS FLUXOS DE CAIXA I EL VALOR ACUMULAT PER L'EXTRADOSSAT DE GUIX LAMINAT.....	66
FIG. 3.55. TAULA AMB ELS VALORS DE VAN, TIR I PERÍODE DE RETORN DE L'EXTRADOSSAT DE GUIX LAMINAT.....	66
FIG. 3.56. VALORS D'EMISSIONS DE CO <sub>2</sub> DELS INDICADORS EN LA SIMULACIÓ AMB EL SATE.....	67
FIG. 3.57. TAULA AMB ELS VALORS AGRUPATS DE LES EMISSIONS DE CO <sub>2</sub> I L'ESTALVI PRODUÏT.....	67
FIG. 4.1. IMATGE DE LES PANTALLES DE FLUORESCENTS DE L'EDIFICI I.....	70
FIG. 4.2. TAULA AMB EL CÀLCUL DE L'ESTALVI ENERGÈTIC AMB LA SUBSTITUCIÓ DE FLUORESCENTS.....	72
FIG. 4.3. TAULA AMB EL PRESSUPOST DELS EQUIPS ACTUALS.....	72
FIG. 4.4. TAULA AMB EL PRESSUPOST DELS TUBS LED.....	73
FIG. 4.5. TAULA AMB EL CÀLCUL DE VIABILITAT ECONÒMICA PER LA IMPLEMENTACIÓ DE TUBS LED.....	73
FIG. 4.6. GRÀFIC REPRESENTATIU DELS FLUXOS DE CAIXA I EL VALOR ACUMULAT PELS TUBS LED.....	74
FIG. 4.7. TAULA AMB ELS VALORS DE VAN, TIR I PERÍODE DE RETORN DE LA INVERSIÓ DE LED'S.....	74
FIG. 4.8. VALORS D'EMISSIONS DE CO <sub>2</sub> DELS INDICADORS EN LA SIMULACIÓ TUBS LED LINEALS.....	75
FIG. 4.9. TAULA AMB ELS VALORS AGRUPATS DE LES EMISSIONS DE CO <sub>2</sub> I L'ESTALVI PRODUÏT.....	75
FIG. 4.10. ESQUEMA REPRESENTATIU DE LA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA, EXTRET DE LA REFERÈNCIA.....	76
FIG. 4.11. IMATGE AÈRIA DE LA UBICACIÓ ON ES TROBEN INSTAL·LATS ELS PANELLS.....	77
FIG. 4.12. FOTOGRAFIA DELS PANELLS INSTAL·LATS.....	77
FIG. 4.13. PARÀMETRES A I B DE LA INSTAL·LACIÓ ACTUAL.....	78
FIG. 4.14. ESQUEMA GRÀFIC DELS ANGLES I INCLINACIONS D'UN PANELL FOTOVOLTAIC.....	78
FIG. 4.15. IMATGE AÈRIA D'ETSEIB PRESA DES DEL NORD OEST.....	79

FIG. 4.16. ENERGIA GENERADA ACTUALMENT I AMB LA PROPOSTA IMPLEMENTADA. ....	80
FIG. 4.17. TAULA AMB LES DADES DE LA SITUACIÓ ACTUAL I LA IMPLEMENTACIÓ DE 32 PANELLS MÉS. ....	80
FIG. 4.18. TAULA AMB EL PRESSUPOST D'INSTAL·LAR 32 PANELLS MÉS.....	81
FIG. 4.19. TAULA AMB EL CÀLCUL DE VIABILITAT ECONÒMICA PELS 32 PANELLS FOTOVOLTAICS.....	82
FIG. 4.20. GRÀFIC DELS FLUXOS DE CAIXA I EL VALOR ACUMULAT PELS MÒDULS FOTOVOLTAICS.....	82
FIG. 4.21. TAULA AMB EL VAN, TIR I PERÍODE DE RETORN DE LA INVERSIÓ DELS MÒDULS FOTOVOLTAICS. ....	83
FIG. 4.22. QUALIFICACIÓ ENERGÈTICA I VALORS D'EMISSIONS DE CO <sub>2</sub> DELS INDICADORS AMB 48 PANELLS. ....	83
FIG. 4.23. TAULA AMB ELS VALORS AGRUPATS DE LES EMISSIONS DE CO <sub>2</sub> I L'ESTALVI PRODUÏT. ....	83
FIG. 5.1. TAULA RESUM AMB LES PROPOSTES ESCOLLIDES I LES SEVES PROPIETATS. ....	86
FIG. 5.3. TAULA COMPARATIVA AMB LES DADES DE LA SITUACIÓ ACTUAL I LES MILLORES ESCOLLIDES.....	87
FIG. 5.4 I FIG. 5.5. GRÀFICS COMPARATIUS DE LES DADES DE DEMANDES DE LES MILLORES ESCOLLIDES.....	88
FIG. 5.6. TAULA AMB LES DADES DE CONSUM I ESTALVI ENERGÈTIC DE LA SIMULACIÓ. ....	88
FIG. 5.7. TAULA AMB EL PRESSUPOST GLOBAL DE LA INVERSIÓ DE LES TRES MILLORES ESCOLLIDES.....	89
FIG. 5.8. TAULA AMB EL CÀLCUL DE VIABILITAT ECONÒMICA PER LES MILLORES ESCOLLIDES. ....	89
FIG. 5.9. GRÀFIC DELS FLUXOS DE CAIXA I EL VALOR ACUMULAT PER LES MILLORES ESCOLLIDES.....	90
FIG. 5.10. TAULA AMB ELS VALORS DE VAN, TIR I PERÍODE DE RETORN DE LES MILLORES PROPOSADES.....	91
FIG. 5.11. VALORS D'EMISSIONS DE CO <sub>2</sub> DELS INDICADORS PARCIALS QUE ENS RETORNA LA SIMULACIÓ.....	91
FIG. 5.12. TAULA AMB ELS VALORS AGRUPATS DE LES EMISSIONS DE CO <sub>2</sub> I L'ESTALVI PRODUÏT. ....	91



# 1. INTRODUCCIÓ

## 1.1. Antecedents i motivació

El present treball es remunta als anys estudiats a l'edifici d'ETSEIB, on el confort tèrmic interior no era adient donada l'antiguitat de l'edifici i la normativa vigent durant l'any de construcció d'aquest, així com els desfavorables materials utilitzats.

L'interès de l'autora en l'àmbit de la termotècnia, la transferència de calor i la sostenibilitat energètica aplicada a la construcció, l'ha portat a desenvolupar la idea d'estudiar una sèrie de propostes que facin l'edifici més sostenible tant energèticament com econòmicament. I així també millorar els seus coneixements en aquest àmbit.

Donat que la certificació energètica de l'Edifici I ja està feta com un treball de fi de grau per l'Eloi Bigas (tutelat per en Rafel Ruiz i presentat el juny del 2017, esmentat a la referència [5]) i amb l'objectiu de no solapar la feina feta, s'ha decidit centrar-se en aquesta part de l'edifici. I basant-se en els càlculs efectuats realitzar un estudi exhaustiu de les propostes de millora energètica, així com els seus estudis econòmics corresponents. L'Edifici I es troba situat a l'accés principal del complex ETSEIB.

No obstant, no s'han pogut aconseguir els arxius de càlcul de la certificació feta amb HULC, provocant que s'hagi de reproduir de nou com una fase prèvia. En aquest cas s'ha triat com a programa per realitzar la certificació el CE3X, ja que HULC acostuma a fallar molt durant les simulacions donada la seva precarietat.

## 1.2. Objectius del projecte

L'objectiu principal d'aquest treball de fi de grau es redueix en:

- Millorar la sostenibilitat de l'Edifici I de l'ETSEIB, mitjançant les propostes de millora energètica i assolir una B en la qualificació energètica en la mesura que sigui possible.

Aquest objectiu però, ve a ser la finalitat del projecte. Així que per mirar d'acotar-lo es definiran els següents subobjectius:

- Fer un estudi complet de l'edifici, tant a nivell constructiu de l'envolupant com d'instal·lacions.
- Entendre el funcionament del programa CE3X i la seva metodologia de càlcul.

- Realitzar la certificació energètica de l'Edifici I de l'ETSEIB amb CE3X.
- Fer un anàlisi qualitatiu i quantitatiu dels resultats obtinguts en la certificació.
- Comprendre la diferència de funcionament del programa utilitzat respecte el de la certificació energètica basada, així com el contrast de resultats.
- Efectuar unes propostes de millora energètica tant a nivell constructiu com d'instal·lacions; en base als resultats obtinguts en la certificació i als coneixements teòrics assolits durant el treball.
- Seleccionar una sèrie de les millores estudiades i analitzar el seu efecte quan actuen combinades.

### 1.3. Abast del projecte

En la primera part del projecte, es vol obtenir la qualificació energètica final de l'edifici, així com els documents oficials que genera el programa CE3X conforme s'ha completat la certificació, tot i això no es contempla la obtenció de la qualificació real, és a dir, que ICAEN verifiqui la feina feta i generi una etiqueta de qualificació oficial, ja que és l'escola qui té la responsabilitat d'aquest registre.

En aquesta segona fase del treball, es pretén explorar les diferents opcions de les millores energètiques avaluant les conseqüències que aportarien a l'edifici actual.

En conclusió, l'abast del projecte serà, després d'analitzar algunes de les possibles propostes de millora energètica, escollir les millors, tant a nivell energètic com econòmic, i finalment, concloure l'estudi en l'impacte que tindria la combinació d'aquestes.



## 2. CERTIFICACIÓ ENERGÈTICA

### 2.1. Conceptes bàsics

Com s'ha comentat, la certificació energètica és una tasca prèvia que s'ha hagut de fer per poder valorar cada millora, s'inspecciona la part desitjada de l'edifici per avaluar l'estat en què es troben els equips i analitzar-ne el funcionament. D'aquesta manera ens pot calcular el consum anual d'energia necessari per satisfer la demanda energètica en unes condicions normals de funcionament i ocupació, que comparant-ho amb unes dades que crea el programa de referència, determina l'eficiència i sostenibilitat de l'edifici. D'aquesta manera, valorant i comparant l'eficiència energètica dels edificis, s'afavorirà la promoció d'edificis d'alta eficiència energètica i les inversions en estalvi d'energia.

La finalitat de la certificació energètica és generar un certificat d'eficiència energètica. Aquest és un document oficial que inclou informació objectiva sobre les característiques energètiques de l'edifici d'estudi i valors de referència en els que es basa aquest, de manera que es pugui comparar i avaluar la seva eficiència energètica. El component més significatiu del certificat, és l'etiqueta energètica, formada per una escala de set lletres que qualifiquen la sostenibilitat de l'edifici. Va des de la lletra A, edifici més eficient energèticament, fins a la lletra G, edifici menys eficient energèticament, atorgant la lletra corresponent en cada cas.

Actualment el certificat energètic té una vigència de 15 anys i és obligatori per a tots els edificis a vendre o llogar, així com també que l'etiqueta energètica estigui present en qualsevol activitat comercial de venda o lloguer d'un immoble. I ha de contenir la següent informació [21]:

- Identificació de l'edifici o, si és el cas, la part d'aquest que es certifica
- Identificació del procediment escollit per a l'obtenció de la qualificació energètica d'un edifici (programa informàtic) indicant la següent informació:
  - > Descripció de les característiques energètiques de l'edifici, envoltant tèrmica i materials utilitzats durant la construcció, condicions normals de funcionament i ocupació, instal·lacions,...
  - > Identificació de la normativa sobre l'estalvi i eficiència energètica vigent en el moment de construcció.
  - > Descripció de les comprovacions i inspeccions dutes a terme pel tècnic certificador, durant la qualificació energètica per establir una conformitat de la informació utilitzada en la certificació.
- Qualificació de l'eficiència energètica de l'edifici mitjançant l'etiqueta energètica.

- Document que reculli les mesures recomanades pel tècnic, classificades per la seva repercussió energètica, que permetin, en el cas que el propietari de l'edifici decideixi emprendre voluntàriament aquestes mesures, que la qualificació energètica millori com a mínim un nivell en l'escala de qualificació energètica. Aquest últim punt es durà a terme a través d'aquest projecte i desenvolupant-se detalladament segons les característiques de cada millora.

### 2.1.1. Normativa

Mentre que hi ha programes que sí que verifiquen el DB-HE del Codi Tècnic de l'Edificació [19], normalment els apartats 2.2.1 i 2.2.2. de la secció HE-0, i 2.2.1.1 i punt 2 de l'apartat 2.2.2.1 de la secció HE-1 del Document Bàsic d'Estalvi d'Energia DB-HE [18]. Com seria el cas del HULC.

En el cas del CE3X però, no s'obté la verificació explícita del DB-HE, sinó que classifica el projecte amb la lletra corresponent a la sostenibilitat de l'edifici. Tanmateix, com es cita al mateix CTE, el compliment de la secció HE-0 es correspon a l'obtenció d'una qualificació energètica B o superior, és a dir, A, pels indicadors de consum d'energia primària no renovable.

A la Fig. 2.1 mostrada a continuació, es mostra gràficament que representen cada secció del Document Bàsic d'Estalvi d'Energia DB-HE.

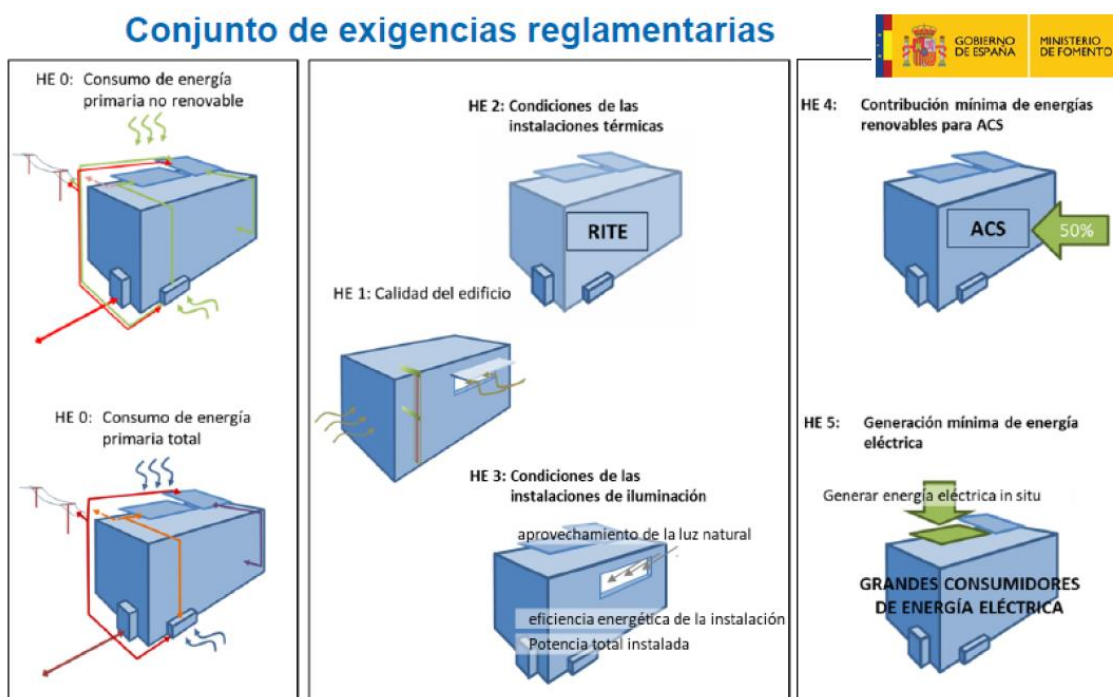


Fig. 2.1. Imatge representativa de les seccions del DB-He, extreta de la referència [22].

A més, en les propostes de millora, es buscarà acostar-se al màxim als requeriments de transmissió mínims recollits a la secció HE-1 del CTE (Limitació de la demanda energètica), es limiten els valors de les transmissió tèrmiques dels edificis residencials segons la seva zona climàtica, aquests valors es troben referenciats a la taula següent Fig. 2.2:

Tabla 2.3 Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica						
Parámetro	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno <sup>(1)</sup> [W/m <sup>2</sup> •K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m <sup>2</sup> •K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos <sup>(2)</sup> [W/m <sup>2</sup> •K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos <sup>(3)</sup> [m <sup>3</sup> /h•m <sup>2</sup> ]	< 50	< 50	< 50	< 27	< 27	< 27

<sup>(1)</sup> Para elementos en contacto con el terreno, el valor indicado se exige únicamente al primer metro de muro enterrado, o el primer metro del perímetro de suelo apoyado sobre el terreno hasta una profundidad de 0,50m.

<sup>(2)</sup> Se considera el comportamiento conjunto de vidrio y marco. Incluye lucernarios y claraboyas.

<sup>(3)</sup> La permeabilidad de las carpinterías indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa.

Fig. 2.2. Taula 2.3 del DB-HE. Barcelona es correspon amb la zona climàtica C.

## 2.2. Anàlisi de resultats

Tot i que ja s'ha fet un previ anàlisi de la simulació feta amb CE3X a l'Annex I, a continuació es farà un estudi de les hipòtesis preses a l'hora de definir l'edifici objecte, tant per manca d'informació com per limitacions del propi programa. Tot seguit, es procedirà a analitzar els resultats obtinguts de la demanda energètica de l'edifici respecte els barems de referència i finalment els consums energètics calculats per CE3X.

### 2.2.1. Hipòtesis preses

HIPÒTESIS PRESES AL DEFINIR L'EDIFICI OBJECTE	
<b>LIMITACIONS DEL PROGRAMA</b>	1. No es pot definir una fracció de la planta -1 (façana est i oest) enterrada, donada el pendent del terreny. Per tant, s'ha considerat tota la planta -1 com un mur enterrat.
	2. A un mur enterrat (Ex: façana planta-1) no se li pot donar un valor-U de transmissió ni la seva composició ja que ve donat per defecte.
	3. No es pot definir l'Agost com un mes en que l'edifici està tancat i no hi ha activitat.
	4. No es pot definir que una fracció d'un tipus de vidre porti protecció solar (lames metàl·liques), sinó que s'han discretitzat com a dos grups diferents.
	5. Programa considera per defecte les persianes als forats (vidres) com un factor de correcció del factor solar [20].
<b>ABSCÈNCIA D'INFORMACIÓ</b>	6. Als edificis petits terciaris no es permet definir els equips de climatització individual com a fan-coils o splits.
	7. S'ha considerat l'alçada de les plantes constant, sense tenir en compte la inclinació de les façanes est i oest.
	8. S'ha considerat la transmissió de la façana A com la que dona el programa per defecte segons la normativa de l'any de construcció, ja que la facilitada no s'adequava a la situació.
	9. Els ponts tèrmics s'han definit per defecte donada la manca d'informació. Tot i això després s'han modificat les seves longituds segons les mesures als plànols de l'edifici.

Fig. 2.3. Taula amb les hipòtesis preses per fer la simulació.

### 2.2.2. Anàlisi del càlcul de la demanda

Un cop generada la certificació energètica de l'Edifici I de l'ETSEIB, es realitza l'informe del projecte, que retorna les dades de demanda i de consum, juntament amb el seu barem específic segons la referència creada pel CE3X durant la simulació.

Amb CE3X però, no es generen arxius amb extensió *.res* a diferència del HULC, de manera que no podem optar a les dades de l'edifici de referència amb les que es basa la certificació, ja que CE3X no en permet l'accés. Justament per això s'ha decidit comparar les dades de demanda energètica amb els límits del barem que crea el mateix programa per l'edifici simulat. Com que no hi ha cap lletra de la qualificació a partir de la qual es verifiqui la secció HE-1: Limitació de la demanda energètica del CTE, se cenyirà en comparar les dades retornades per la simulació, en la B corresponent a cada cas. Comparant-les també en un dels objectius del projecte.

Pel que fa a la demanda, si l'anàlitzem desglossada amb la de refrigeració i calefacció, podem comparar-les amb les dades límit segons el gràfic de la Fig. 2.5:

	<b>Demanda Calefacció [kWh/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Demanda Refrigeració [kWh/m<sup>2</sup>]</b>
<i>Edifici Objecte</i>	86,2	7
<i>Edifici Referència</i>	11,0	18,0

Fig. 2.4. Taula amb els valors de demandes energètiques anuals per poder generar el gràfic.

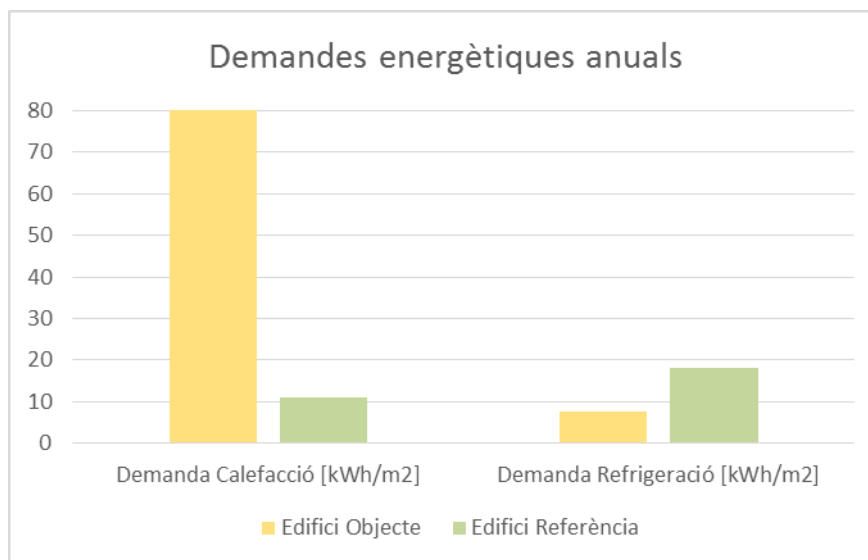


Fig. 2.5. Gràfic comparatiu de les dades de demandes energètiques anuals de calefacció i refrigeració.

En el cas de la calefacció, la limitació de demanda és molt superior a l'esperada per les condicions climàtiques de l'edifici, en canvi però, compleix la limitació de demanda de refrigeració. El que significa que l'edifici objecte és adequat a l'estiu però no és competent a l'hivern, és a dir no assoleix les condicions d'aïllament suficients. Això pot venir donat perquè l'envolupant de l'edifici és molt insuficient, al tenir una construcció tant obsoleta, tots els materials utilitzats en aquell moment ja no es fan servir actualment, gran part de la façana està feta amb un metall simple sense cap tipus d'aïllant, afavorint la transmissió de calor a l'hivern. Els tancaments exteriors són generalment deficitaris, provocant una gran pèrdua de flux tèrmic de l'interior cap a l'exterior.

La demanda energètica d'un edifici és l'energia que necessita aquest edifici per fer front a les condicions climàtiques del moment i assolir la temperatura de confort a l'interior, provocant que a l'hivern augmenti la demanda de calefacció i a l'estiu la demanda de refrigeració, fent front a les altes temperatures exteriors. Al no tenir accés a les dades de demanda energètica mensual, es suposarà que la limitació de demanda de refrigeració es compleix tots els mesos de l'any, mentre que la demanda límit de calefacció no es compleix cap dels mesos de l'any. Donat que els elements constructius són iguals al llarg de l'any.

Aquest dèficit es tractarà dins les propostes de millora passives, actuant sobre les característiques constructives, a l'apartat 3 es parla sobre quines mesures constructives s'ha decidit canviar i que aporten cada una d'elles.

#### PÈRDUES I GUANYS PER CALEFACCIÓ:

A continuació s'analitzarà i enumerarà perquè poden venir donades les pèrdues principals d'energia, per poder veure perquè no es compleix la demanda de calefacció. A la Fig. 2.6. es poden visualitzar de manera esquematitzada per un prototip d'edifici els fluxos de calor abans citats, durant un dia d'hivern poden ser:

- ✚ Pèrdues per conducció i radiació a través dels tancaments i especialment els ponts tèrmics.
- ✚ Pèrdues per convecció per les infiltracions a través de les juntes de les obertures i els tancaments.
- ✚ Pèrdues per conducció del vidre i el marc de les obertures.
- ✚ Pèrdues per conducció a través de la solera.
- ✚ Pocs guanys solars a través dels vidres donades les làmines solars fixes i les proteccions solars.

Mentre que per la nit:

- ✚ Pèrdues per conducció a través dels vidres i especialment el marc de les obertures al no disposar de cap protecció tèrmica nocturna.

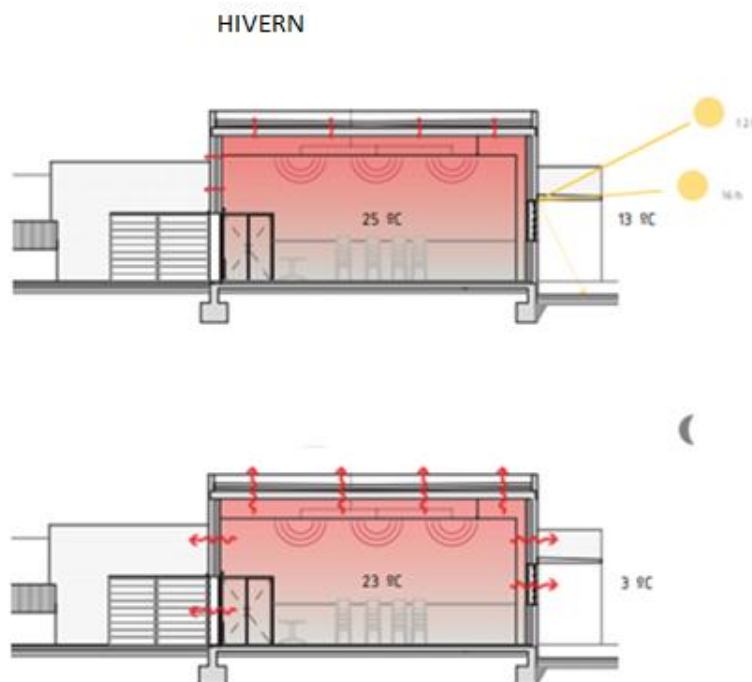


Fig. 2.6. Esquema dels fluxos de calor a l'hivern durant el dia o la nit.

En conjunt, podem concloure que les majors pèrdues per calefacció venen donades a través de les **finestres i parets exteriors**, amb valors de transmitàncies per sota els mínims dels establerts pel CTE [19]. Provocant una disminució de la temperatura interior a l'hivern i augmentant la demanda de calefacció. Val a dir, que tota la part del vestíbul està oberta a l'exterior pràcticament tot el dia, donada la permanent entrada i sortida de gent, això produeix una efecte ventilació a les zones de la Planta Baixa sense portes estanques.

Per altra banda, també hi ha les **fonts de calor internes** causades per persones, equips tècnics, ordinadors, il·luminació,... aquestes també ajuden a escalfar l'edifici i no es poden representar a la simulació, tot i això seria interessant poder fer un estudi d'optimització de fonts de calor tenint en compte l'ocupació en cada franja horària i l'evolució i moviment d'aquestes. Tanmateix, aquest tema donaria per un projecte sencer.

### 2.2.3. Anàlisi del càlcul de consums i qualificació energètica

Per verificar la secció HE-0: Limitació del consum energètic [18], aquesta es correspon a obtenir una B o una A en la qualificació energètica, complint de la mateixa manera un dels objectius del projecte.

La qualificació obtinguda al simular l'edifici ha estat una D, aquest resultat era previsible donat l'any de construcció de l'edifici objecte i la manca de reformes estructurals que s'hi ha fet. CE3X compara la demanda obtinguda amb el disseny de la pell de l'edifici amb el consum calculat a partir de les instal·lacions introduïdes, al ser molt major el consum, es considera que l'edifici no és energèticament eficient. Ja que per una demanda necessària es sobre consumeix més energia de la necessària.

Per tant, la qualificació energètica global obtinguda no qualifica la demanda energètica de l'edifici; només la relació entre la demanda i el consum, de manera que és independent de si l'edifici compleix o no la demanda energètica.

Com s'observa a la Fig. 2.7, no s'assoleixen els objectius proposats al projecte, així com tampoc es compleix l'HE-0, el que significa que s'hauran de buscar alternatives per millorar l'eficiència energètica de l'Edifici I de l'ETSEIB.

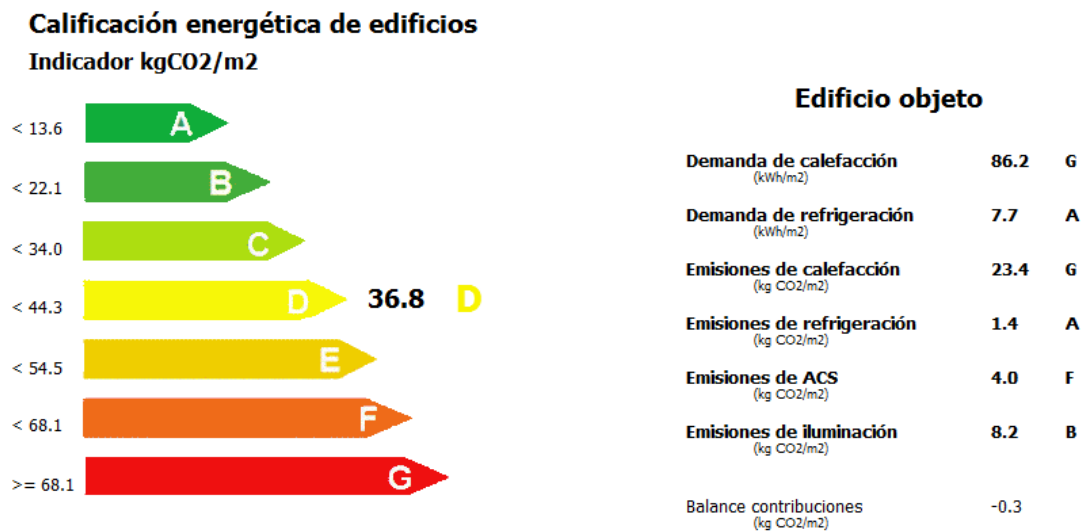


Fig. 2.7. Resultats obtinguts de la certificació energètica amb la seva lletra corresponent.

#### CONSUMS I DEMANDES DE CALEFACCIÓ I REFRIGERACIÓ:

Com s'ha vist abans, les demandes de calefacció i refrigeració prenen valors de 82,6 kWh/m<sup>2</sup> i 7,7 kWh/m<sup>2</sup> respectivament, obtenint qualificacions de G i A en cada cas. Aquesta assignació encaixa amb els valors obtinguts, ja que com s'ha analitzat la demanda de calefacció era molt superior a la necessària per l'edifici, incomplint les limitacions de l'HE-1, mentre que la de refrigeració és satisfactòria.

Cara a comparar les dades obtingudes de demanda amb les de consum, s'ha realitzat el gràfic de la Fig. 2.9 on es veu clarament com els consums són més elevats que les demandes, en el cas de la calefacció, la diferència és notable i per tant es podria concloure que s'està fent una mala gestió de l'energia, mentre que en el cas de la refrigeració el consum és molt poc major.

	Calefacció	Refrigeració
<i>Demanda [kWh/m<sup>2</sup>·any]</i>	86,2	7,7
<i>Consum d'Energia Primària [kWh/m<sup>2</sup>·any]</i>	122,5	8,49
<i>Diferència %</i>	42.11%	10.26%

Fig. 2.8. Taula amb els valors de demandes energètiques anuals i els consums d'energia anuals.



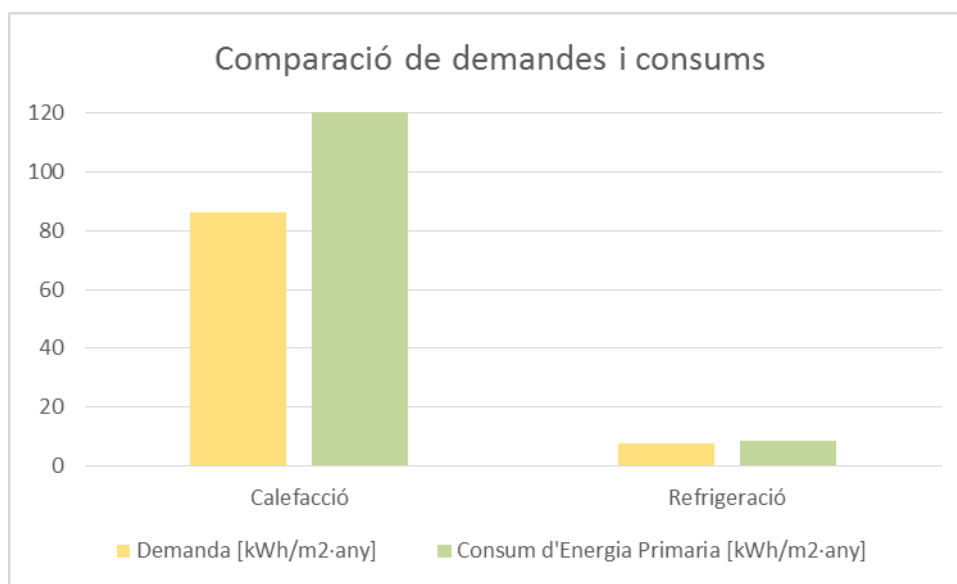


Fig. 2.9. Gràfic comparatiu de les dades de demandes i consums energètics.

#### CONSUMS I EMISSIONS DE CO<sub>2</sub>:

Pel que fa als indicadors parcials de consums i emissions de CO<sub>2</sub> de les diferents instal·lacions, es procedirà a crear gràfics perquè s'entengui quin emet més. En el cas del consum d'energia, observem en el gràfic de la Fig. 2.11 que la calefacció és la que té més pes, consumint més de la meitat del valor global i molt per sobre del que seria el seu valor òptim.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES				
<div><div>&lt; 74.1A</div><div>74.1-120.4B</div><div>120.4-185.2C</div><div>185.2-240.7D</div><div>240.7-296.3E</div><div>296.3-370.3F</div><div>≥ 370.3G</div></div>	196.7 D	CALEFACCIÓN		ACS		
		Energía primaria calefacción [kWh/m² año]	G	Energía primaria ACS [kWh/m² año]	E	
		122.50		18.85		
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN		
		Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]	Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]	A	Energía primaria iluminación [kWh/m² año]	B
			8.49		48.54	

Fig. 2.10. Taula que ens retorna el programa CE3X amb els valors de consum.

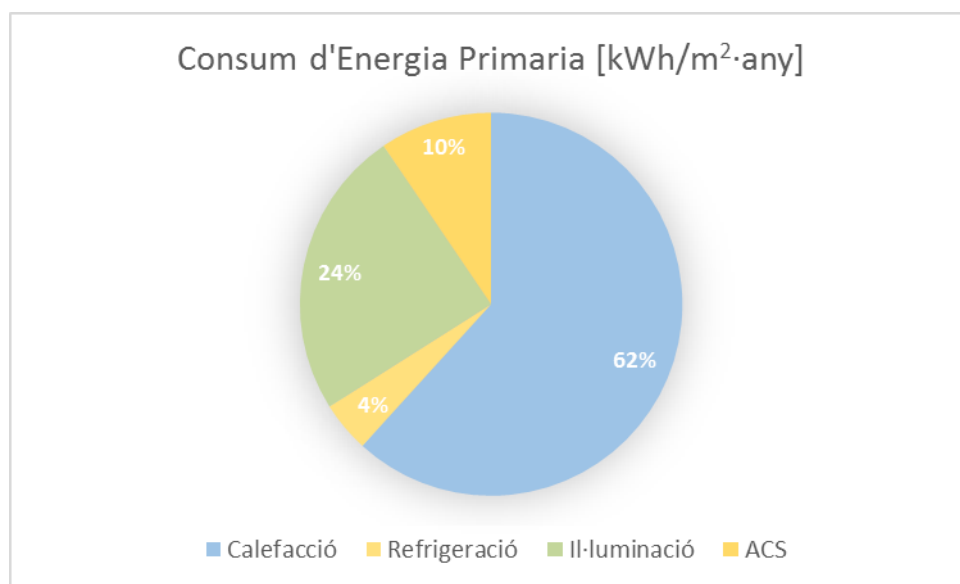


Fig. 2.11. Gràfic circular amb els consums energètics dels indicadors parcials.

Quant a les emissions de CO<sub>2</sub>, altre cop és la calefacció la que n'emet més, donat que és la que consumeix més. Igual que en els consums, la calefacció i l'ACS no compleixen la normativa del CTE, mentre que la refrigeració i la il·luminació sí.

INDICADORES PARCIALES			
CALEFACCIÓN		ACS	
<i>Emisiones calefacción</i> [kgCO2/m <sup>2</sup> año]	G	<i>Emisiones ACS</i> [kgCO2/m <sup>2</sup> año]	F
23.43		3.99	
REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones refrigeración</i> [kgCO2/m <sup>2</sup> año]	A	<i>Emisiones iluminación</i> [kgCO2/m <sup>2</sup> año]	B
1.44		8.22	

Fig. 2.12. Taula que ens retorna el programa CE3X amb els valors d'emissions de CO<sub>2</sub> per cada indicador.

Emissions de CO<sub>2</sub> [kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·any]

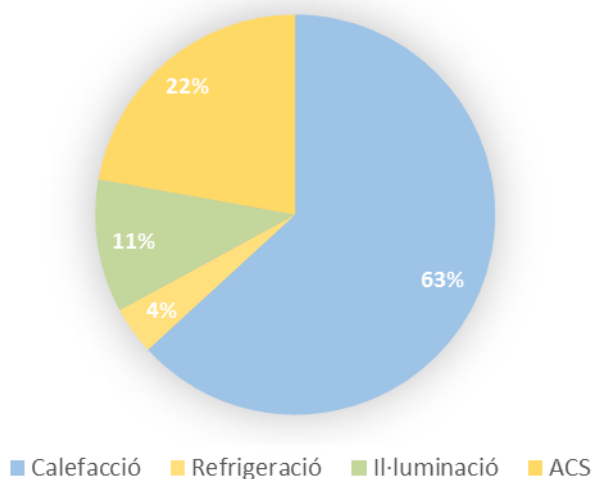


Fig. 2.13. Gràfic circular amb les emissions de CO<sub>2</sub> dels indicadors parcials.

*INDICADORS PARCIAIS:*

La **calefacció** ha obtingut una qualificació equivalent a una **G** tant pel consum com per les emissions, sent la més baixa de totes les qualificacions a obtenir. En aquest indicador, s'hi inclouen les tres calderes estàndard YGNIS (definides com a una dins del programa), l'energia consumida pels equips de climatització individual de l'edifici, les màquines YORK amb recuperador de calor de la biblioteca i els equips HIYASU de la sala d'actes quan actuen en règim de calefacció. Aquests equips definits com a bombes de calor són molt simples amb un COP (*coefficient of performance*) no massa bo. Tot i això, com que la seva instal·lació va ser en general abans del 2013, el programa posa uns valor per defecte de rendiment nominal de calefacció.

El fet de que aquest valor sigui tant elevat, ve donat perquè la demanda de calefacció obtinguda en la simulació estava molt per sobre de la demanda de referència, no complint el Codi Tècnic. Atès que la demanda és molt superior a l'estimada per un edifici d'aquestes característiques i dimensions, provoca un consum elèctric de calefacció molt major a l'esperat, sent coherent amb el tipus d'equips que calefaccionen l'edifici.

El consum de **refrigeració** és molt inferior al de calefacció, obtenint la millor qualificació possible tant al consum com amb les emissions de CO<sub>2</sub>, equivalents a una A. Aquest indicador ve donat per les màquines d'expansió directe YORK de la biblioteca, les dues refrigeradores de la sala d'actes i els equips de climatització individual de l'edifici quan actuen en règim de refrigeració. Tot i que aquestes màquines són antigues i els rendiments no són massa bons, el programa compara aquest consum de refrigeració amb la demanda obtinguda per les condicions de l'edifici. Al complir-se la limitació de l'HE-1 tant amb la demanda de refrigeració com amb el consum referent a aquesta demanda, el programa atorga bones qualificacions tot i que el rendiments dels equips no sigui excel·lent.

Pel que fa a l'**ACS**, aquest es limita a cobrir les dutxes del gimnàs de la Planta -1, ja que és l'únic lloc del Pavelló I on es disposa d'aigua calenta sanitària. El programa únicament considera els l/dia definits a l'entrada de dades, i amb quins equips funcionen. Tot i que la demanda d'ACS no sigui molt elevada ha provocat un consum superior al real, obtenint una qualificació del consum d'una E, molt més baixa del que s'esperaria per les característiques tècniques de les calderes.

Per últim, el consum donat per la **il·luminació**, ha obtingut també una qualificació prou alta, corresponent a una B tant pel consum com per les emissions de CO<sub>2</sub>. Com es comenta a l'Annex I, es té molt poca informació respecte la il·luminació, se sap únicament que són pantalles Impelec formades per fluorescents de 18W o de 36W, de manera que s'ha entrat dins de CE3X com a fluorescents de 26mm, provocant així uns bons resultats d'eficiència.

Tot i això, aquest resultat no es ceneix del tot a la realitat, ja que si s'entrava la potència instal·lada estimada amb el nombre de pantalles i la potència de cada una d'elles, el programa no deixa definir el tipus d'enllumenat provocant un fort augment en el consum de la il·luminació i en la demanda de refrigeració, i un descens en la demanda de calefacció. El que significa que atribueix a la il·luminació un alliberament de calor prou important i no corresponent als fluorescents. És per això, que s'ha cregut més convenient definir-ho com a fluorescents de 26mm, ja que són el tipus de fluorescents amb les que estan formades les pantalles Impelec instal·lades actualment.

A l'apartat 3 i 4 es proposaran millores constructives i instal·lacions, tant per baixar la demanda de calefacció com per implementar un enllumenat més eficient energèticament, entre d'altres.

## 2.3. Comparativa CE3X – CYPECAD i HULC

A continuació s'explicarà per una banda la diferència de càlcul que tenen tots dos programes, és a dir perquè es pot arribar a crear un barem tant diferent de l'edifici partint de les mateixes dades, i per altra banda, les diferències més explícites de com s'ha entrat la informació en cada cas i com s'ha divergit.

### 2.3.1. Diferències del funcionament dels programes

CE3X és un programa basat en la comparació de l'edifici objecte, és a dir, l'edifici d'estudi de la certificació amb una base de dades elaborada per cada ciutat representativa de les diferents zones climàtiques. Aquesta base de dades ha estat creada a partir dels resultats obtinguts de fer moltes simulacions amb CALENER. D'aquesta manera el software busca les simulacions amb característiques semblants a l'edifici objecte i interpola respecte d'aquestes demandes de calefacció i refrigeració, obtenint així les demandes de calefacció i refrigeració de l'edifici d'estudi.

CALENER genera l'edifici de referència a partir de l'edifici objecte, amb la seva mateixa forma, dimensió, orientació, zonificació interior, ús de cada espai i iguals obstacles remots. Amb unes solucions constructives estereotipades amb paràmetres característics segons la zona climàtica de l'edifici d'estudi. Tot i això, no té en compte els ponts tèrmics, ja que entén que representen una incidència en la demanda energètica molt petita en comparació amb altres factors.

Com representa la següent imatge Fig. 2.14, a l'esquerre s'esquematitza la base de dades generada amb les simulacions amb CALENER i a la dreta tenim l'edifici existent a qualificar, que a partir de les dades introduïdes es compara amb la base de dades, obtenint-se les demandes energètiques i la seva qualificació final.

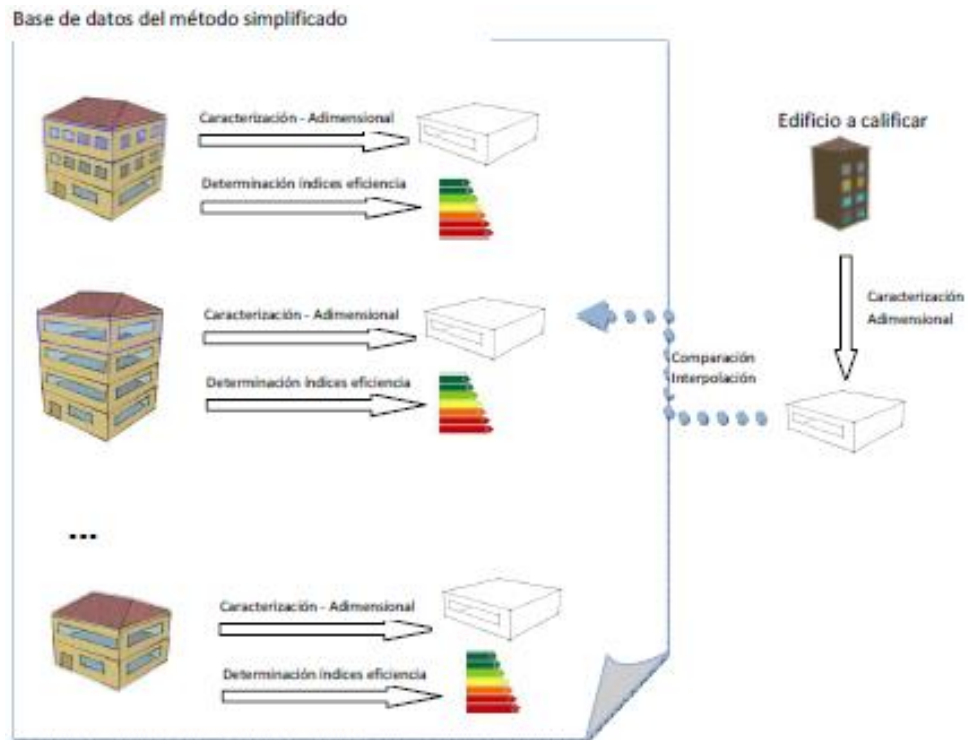


Fig. 2.14. Representació de la base de dades del CE3X extreta del MANUAL[1].

En el cas d'utilitzar el programa informàtic de referència HULC (**Herramienta unificada LIDER-CALENER**), es pot aplicar tant a edificis de nova construcció com ja existents, i addicionalment avalua el compliment dels requisits d'estalvi energètic proporcionats en el CTE i que estan inclosos en els documents bàsics HE-0 i HE-1. Mentre que amb el programa CE3X, al ser un mètode simplificat, es restringeix en la certificació d'edificis ja existents de totes les tipologies (residencials i terciaris), tot i això és el més utilitzat per aquest tipus de simulacions, degut a que s'adapta millor a la informació no tant exhaustiva dels immobles pel mateix fet de no ser una construcció recent.

Per tant, al buscar les diferències de funcionament entre CE3X i HULC, també s'estan buscant simultàniament diferències entre CALENER i HULC, ja que CE3X sorgeix directament de CALENER.

La diferència principal es deu al fet que la metodologia de càlcul de demandes que utilitzen CALENER i l'eina unificada HULC són diferents, els seus objectius són diferents. HULC respondrà si compleix o no compleix amb els requisits del HE-1 i HE-0 del codi tècnic d'edificació i el CE3X provinent de CALENER classifica el projecte en una classe entre la A i la F.

És més, les condicions i hipòtesis de càlcul també són diferents, mentre la demanda calculada a CALENER és a temperatura constant tot l'any, així com ho és a CE3X, HULC la calcula d'acord amb perfils d'ús de l'Annex C del DB-HE del Codi Tècnic de l'Edificació [19]. Com a característica important respecte als valors de demanda i consum, CE3X no permet especificar que uns mesos concrets de l'any l'edifici no computi, com seria el cas de l'estiu, en canvi això sí que es pot fer a HULC.

Els motors de càlcul intern són diferents; per tant, els resultats també ho seran. CALENER utilitza el DOE 2.2, desenvolupat per l'Agència de l'Energia dels Estats Units i l'eina unificada HULC utilitza un motor desenvolupat íntegrament pel Departament de Termotècnia de l'Escola Superior d'Enginyers Industrials de Sevilla, com s'explica a la referència [10].

Per últim, l'eina unificada HULC farà la verificació de compliment del CTE DB HE-1, HE-0 i la qualificació energètica per separat. Els valors de demanda que permetin verificar l'exigència del CTE es calculen d'acord amb les condicions establertes a l'apartat 3.2 del document HE-1 del CTE [18].

Tot i això, els resultats obtinguts en cada simulació no haurien de discernir excessivament, ja que la metodologia emprada en CE3X és una simplificació que parteix del codi utilitzat amb HULC. Tanmateix, la qualificació feta amb HULC serà lleugerament més acurada degut a que no estima les simulacions de l'edifici objecte respecte un estereotipat, sinó que fa un anàlisi complet respecte les seves dades.

### **2.3.2. Diferències de com s'entra la informació**

Cal destacar, que en la certificació basada [5], no es va fer tota amb HULC, sinó que l'edifici s'havia definit prèviament amb CYPECAD i posteriorment s'hi van entrar els equips de climatització i es va simular amb HULC. CYPECAD serveix concretament per dissenyar i dimensionar l'envolupant de l'edifici a estudiar, la distribució i les instal·lacions d'un edifici sobre un model 3D que integra tots aquests elements. És un programa senzill, ràpid i fiable, amb una bona potència de càlcul. Tot i que es pot utilitzar per realitzar diferents estudis necessaris, com ara: Estudis Tèrmics Estudis Acústics, Incendis, Salubritat, Climatització, Gas, Il·luminació, Telecomunicacions, i d'altres, en el seu cas només es va utilitzar el programa per dissenyar l'edifici.

Les principals diferències del disseny de l'edifici, quedarien esquematitzades a la següent taula de la Fig. 2.15, tot i això s'explicaran a continuació. Tota la informació explicada de l'entrada de dades per fer la simulació amb CYPECAD i HULC, s'ha extret fent un l'anàlisi exhaustiu de la certificació de la referència [5].

	CYPECAD i HULC	CE3X
<b>Dades generals</b>	Aixecament a partir del 2D, es crea el plànol de l'edifici dins del programa. Importació de plànols AutoCad.	Envolupant de l'edifici. Es parteix de les llibreries o de les dades conegudes.
<b>Façanes</b>	Es seleccionen al plànol.	m <sup>2</sup> de superfície per cada. orientació
<b>Tancaments interiors i coberta</b>	S'escull una representativa del Generador de Preus.	Es defineix el valor-U i la superfície per cada una.
<b>Forjat</b>	Definits.	No es defineixen.
<b>Vidres</b>	Àrea no precisa. Diferent Factor solar (sense vinils).	Àrea mesurada als plànols facilitats.
<b>Protectors Solars</b>	Vidres planta 1.	Grups de vidres en que algun conté protectors solars.
<b>Ponts tèrmics</b>	No es defineixen.	Definits segons les longituds dels plànols d'AutoCad.
<b>Patró d'ombres</b>	S'entren dins del mateix plànol.	S'entren a través d'un càlcul d'angles.
<b>ACS</b>	No s'ha entrat al programa.	Dues calderes de gas per cobrir les dutxes del gimnàs.
<b>Equips calefacció i refrigeració</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sala d'Actes: Sistemes de climatització unizona amb bomba de calor.</li> <li>Biblioteca: Equips d'expansió directe i recuperació de calor.</li> <li>Equips individuals: Sistemes de climatització unizona + equip aire-aire per cada recinte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sala d'Actes, Biblioteca i Equips individuals: Equips mixtos de refrigeració i calefacció amb l'àrea que cobreixen en cada cas.</li> </ul>
<b>Equips calefacció</b>	Caldera de condensació i assigna un radiador a cada recinte a calefactar.	Caldera estàndard i àrea que cobreix.
<b>Enllumenat</b>	Programa per defecte.	Es defineix el tipus d'enllumenat per zones.

Fig. 2.15. Taula esquemàtica amb els trets principals de les diferències entre els programes.

En primer lloc, per entrar les **dades generals** la principal diferència és que a CYPECAD l'usuari dibuixa en 2D la planta de l'edifici per després poder-lo generar en 3D. Com que prèviament s'assigna una alçada per planta, quan es dibuixen elements verticals (façanes, parets) en el 2D d'aquella planta, aquests arribaran fins al forjat de la planta superior. A més, permet assignar a cada recinte un ús. En el CE3X en canvi, no interessa l'interior de l'edifici, només es defineix la seva pell, es defineixen façanes, coberta, particions interiors,... només els elements que estan en contacte amb l'exterior.

### ELEMENTS CONSTRUCTIUS:

Pel cas dels **elements constructius**, CYPECAD compta amb un Generador de Preus, que és una eina del programa que ens permet seleccionar elements constructius ja existents a la realitat, per no haver de crear-los cada vegada de nou, per altra banda CE3X compta amb vàries llibreries per generar la composició de les parets, els vidres i els ponts tèrmics. Tant el Generador de Preus com les llibreries es basen en l'emplaçament del nostre edifici i ofereix diferents elements segons la regió en la que es troba el projecte. La gran diferència però, es troba en el cas de CYPECAD, ja que aquest permet l'opció d'importar plànols AutoCad per tal de facilitar el dibuix en planta. D'aquesta manera es pot utilitzar la distribució dels plànols com a punt de partida per començar a introduir els elements constructius.

Pel que fa a la **façana**, CYPECAD selecciona del plànol creat prèviament, les façanes o fraccions d'aquesta que tenen la mateixa composició. Amb l'Editor del mateix programa genera l'estructura de la que està formada aquesta paret assignant-li el valor-U corresponent. Amb CE3X no es disposen dels plànols del projecte, de manera que per cada façana que s'hagi de definir, se li haurà de determinar l'orientació, els m<sup>2</sup> de superfície i la composició a través de la llibreria de tancaments, que determinarà el valor-U de transmitància. Per tant, encara que tinguem la mateixa façana a tot l'edifici s'haurà d'entrar al programa segons les seves orientacions diferents. Tot i això la façana A, s'ha entrat a CYPECAD com únicament ferro i a CE3X s'ha pres el valor per defecte segons la normativa de l'any de construcció, ja que era inviable que tingués propietats tèrmiques pitjor que els vidres instal·lats, s'explica en detall a l'Annex I.

Per definir la **coberta** i els **tancaments interiors**, es difereix en els dos programes igual que en la façana però sense l'orientació, el CE3X requereix la composició o bé el valor-U així com els m<sup>2</sup> de superfície; en canvi amb CYPECAD es defineix a la llibreria del Generador de Preus, escollint la més representativa.

Respecte al **forjat** entre pisos, a CYPECAD es poden seleccionar directament del plànol i definir mitjançant el Generador de Preus o l'Editor. Però en el CE3X, al no formar part de l'envolupant de l'edifici, sinó estar contingut dins d'aquest, no és necessari ni ens deixa definir-lo.

Pel que fa als **vidres**, es poden entrar amb les mateixes dades de transmitància U, aquí però la principal diferència és que en el cas del CE3X s'han hagut d'entrar mesurant la superfície total de vidre per cada tipus de façana i per cada orientació, discretitzant els que tenen marcs dels que no en tenen. Mentre que amb CYPECAD s'han dibuixat a vista sobre les façanes sense tenir en compte la superfície real de vidre. S'ha de dir, que en el projecte fet amb CYPECAD no es van tenir en compte els vinils que recobreixen tots els vidres del pavelló I d'ETSEIB, de manera que el factor solar g canvia en cada cas.



Els **protectors solars**, al estar més focalitzats, s'han comès errors en els dos programes. Amb CYPECAD s'han definit a tots els vidres de la planta 1, i amb CE3X només s'han posat els protectors en el cas que una fracció dels vidres ja entrats en tinguessin, aleshores l'error comés és que no es pot definir quin percentatge de vidres tenen lames, doncs el programa ho aproxima a que en tenen tots. Explicat a l'Annex I.

I els **ponts tèrmics**, a CYPECAD no es fa cap referència de que s'hagin definit, mentre que al CE3X es creen segons el que el programa defineix per defecte, i a continuació es modifiquen un a un les longituds de cada pont tèrmic, mesurats als plànols d'AutoCad, per acurar més els resultats finals.

Per últim tenim el **patró d'ombres**, a CYPECAD s'entren com a simples blocs opacs i es situen dins dels mateixos plànols i al CE3X s'entren fent uns càlculs dels angles dels punts més alts dels edificis que poden fer ombra respecte el punt mig de l'edifici objecte. Mentre que al CYPE es va representar ETSAB, la Facultat de Química i Física i els altres blocs de l'ETSEIB propers al pavelló I, al CE3X s'ha obviat ETSAB, ja que l'efecte que tenia sobre l'edifici d'estudi era menor.

#### INSTAL·LACIONS:

Pel sistema d'ACS, en la certificació amb HULC es va decidir obviar-se donada la seva escassa funcionalitat, tot i que si que s'havia definit prèviament. Amb CE3X si que s'ha definit dins del programa seguint el procediment explicat a l'Annex I.

Equips mixtos de refrigeració i calefacció:

Pel que fa als equips de climatització tenim els de la **Sala d'Actes**, que són dos refrigeradores-bombes de calor HIYASU. Amb HULC s'han entrat com un sistema de climatització unizona amb bomba de calor. I amb CE3X s'han entrat dos equips de calefacció i refrigeració repartint l'àrea que cobreixen segons el percentual de la potència nominal de cada un.

En el cas de la **biblioteca**, tenim tres màquines YORK d'expansió directe amb recuperador de calor, com s'explica a l'Annex I. Amb HULC s'ha pogut definir millor ja que l'apartat d'instal·lacions està més detallat, s'ha aproximat com un sistema "Climatització multizona per autònoms" que permet introduir un sistema amb diverses màquines exteriors d'expansió directe i diverses màquines de climatització interiors, així com també permet considerar la recuperació de calor. Amb el CE3X s'han definit únicament les tres màquines YORK com equips de calefacció i refrigeració, i entrant per cada un l'àrea coberta percentualment segons la seva potència nominal.

A més, també hi ha els **equips de climatització individuals**, aquests estan repartits pels despatxos, sales i oficines de la Planta Baixa i de la Planta 1, així com als vestidors de la Planta -1. El que s'ha fet en aquest cas, amb HULC s'han creat sistemes de climatització unizona i s'han assignat al seu recinte corresponent, i dins de cada recinte s'ha definit un equip aire-aire, escollint entre bomba de calor o només fred en cada cas. Amb CE3X s'ha pres com a hipòtesi que tots els equips de climatització individuals són iguals i s'ha sumat l'àrea global que cobreixen, al cap i a la fi el CE3X només té en compte el rendiment mig estacional, a més l'àrea de refrigeració no té perquè ser la mateixa que la de calefacció, donat el cas que alguns dels equips només serveixin per refrigerar.

#### Equips de calefacció:

Per últim tenim les **calderes**, que subministren calor a tota l'Escola. Aquest cas segurament és el que s'ha entrat de manera més semblant en els dos programes, ja que al no saber la fracció de potència que va destinada al pavelló I, s'ha pres un rati de potència i s'ha multiplicat pels  $m^2$  de superfície que es cobreix dins de l'edifici d'estudi, que seria tota la part del vestíbul i part dels despatxos de la planta 1. Tot i això, a HULC s'ha definit com una caldera de condensació, fet que ha provocat que el consum i les emissions de  $CO_2$  per calefacció fossin molt menors en la certificació feta amb HULC, i també s'han creat radiadors per cada recinte a calefactar. Mentre que amb CE3X s'ha definit com una caldera estàndard amb l'àrea que cobreix, informació que ha estat contrastada amb el cap de manteniment de l'ETSEIB.

La **il·luminació** en el CE3X s'ha creat un inventari i s'ha definit per zones, seleccionant el tipus d'enllumenat en cada cas. Al HULC en canvi, ho fa el mateix programa per defecte.

### 3. PROPOSTES DE SOLUCIONS CONSTRUCTIVES

En aquesta primera fase de desenvolupament de millores, s'estudiaran les millores passives, que fan referència a solucions a nivell constructiu. Aquestes possibles solucions tenen com a objectiu reduir la demanda energètica que presenta actualment l'edifici d'estudi/objecte.

Al treballar amb l'envolupant i amb el propòsit de fer-lo al més estanc possible dins les limitacions establertes, s'analitzaran solucions passives, de manera que no implicaran un consum energètic addicional, canviant les condicions de confort interior i fent l'edifici més eficient energèticament. S'estudiarà el compliment normativa actual de limitació de demanda energètica (HE-1) amb la implementació de cada una d'aquestes mesures.

#### 3.1. Vidres

##### 3.1.1. Descripció de la situació actual

Els vidres que hi ha actualment a ETSEIB són els mateixos que es van instal·lar durant la seva construcció, equivalents a uns vidres simples estàndard de 6 mm de gruix, ara per ara però, aquest tipus de vidres ja no s'utilitzen donada la seva baixa qualitat i que energèticament són molt desfavorables.

Al no tenir les característiques tècniques d'aquests vidres, s'ha decidit equiparar-los a uns vidres estàndard d'una única làmina simple i d'espessor 6 mm. A través del portal d'internet AGC - *Your Glass* [2] s'ha pogut extreure la fitxa tècnica d'un vidre amb característiques semblants, la qual es troba adjunta a l'Annex V. Per tant, tenint en compte aquestes consideracions concloem que els vidres de l'Edifici I tenen una transmissió de  $U=5,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  i un factor solar  $g=0,84$ .

Tot i això, en el transcurs dels anys s'han anat trencant vidres i s'han substituït per uns més actuals, amb millors prestacions i d'una qualitat major. Malauradament, no hi ha registre de quins vidres han estat canviats, però s'ha constatat que no se n'han canviat més d'un 20%, de manera que a nivell pràctic s'han considerat tots els vidres com els originals, prenent així les condicions més desfavorables.

Adicionalment, tots els vidres que formen part de l'Edifici I estan recoberts per unes làmines solars, aquestes serveixen per reduir l'escalfor interior de l'habitatge provocada per la incidència solar a les finestres, reflectant gran part dels raigs solars, redueixen l'enlluernament i la radiació UV i permeten l'entrada de llum.

Aquestes no afecten a les característiques de transmissió dels vidres però sí al factor solar, en el nostre cas les làmines solars instal·lades són *Silver 20* de l'empresa *SolarZone*. S'ha pogut obtenir la fitxa tècnica dels films solars actuals, adjuntada a l'Annex V; d'on s'ha pres el valor del factor solar de 0,22.

Per calcular el factor solar del conjunt, s'ha explicat detalladament com s'ha fet a l'Annex I, però en definitiva s'ha obtingut que pels vidres de la Planta Baixa el factor solar és de 0,22 ja que aquests no tenen marc, mentre que els de la Planta 1 tenen un factor solar de 0,21, donat el marc d'alumini que és molt prim. El valor-U de transmissió del conjunt es manté de  $5.7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ .

Pel que fa a la fusteria exterior, es mantenen els marcs d'obra que es van instal·lar durant la construcció de l'edifici. Aquests tenen molt males prestacions donada la seva antiguitat i baix manteniment. Tot i això es poden categoritzar de la següent manera: a la Planta 1, tots els marcs són d'alumini però ocupant un percentatge mínim del forat, mentre que a la Planta Baixa els vidres no tenen cap tipus de marc especial, pel que s'ha considerat que no disposen de marc, a la Fig. 3.1 podem observar aquestes característiques.



*Fig. 3.1. Façana de la cara Sud. On s'observa que els vidres ocupen pràcticament tota la superfície del tancament. Els vidres de la Planta Baixa no disposen de marc mentre que els de la Planta 1 tenen un marc d'alumini.*

Donat que els vidres ocupen pràcticament tota l'alçada de la planta, de forjat a forjat. S'ha decidit centrar-se en els vidres com a proposta de millora passiva, ja que són els que provoquen més pèrdues. Seria important també canviar la fusteria, tot i això és una inversió poc recomanada, ja que actualment els tres materials més utilitzats per a la formació de fusteria exterior són: la fusta, el PVC i l'alumini.

La fusta ha estat el material emprat des del principi, és l'aïllament tèrmic més econòmic, però el que té un cost més elevat de manteniment. El PVC té una transmissió de calor menor que la de l'alumini, si comparem el marc de PVC més comú, equivalent al que té dues cambres d'aire a l'interior (esquematzat a la Fig. 3.2) amb un d'alumini amb ruptura de pont tèrmic (RPT), el de PVC donarà valors de transmissió tèrmica més baixos, com es pot veure a la Fig. 3.3.

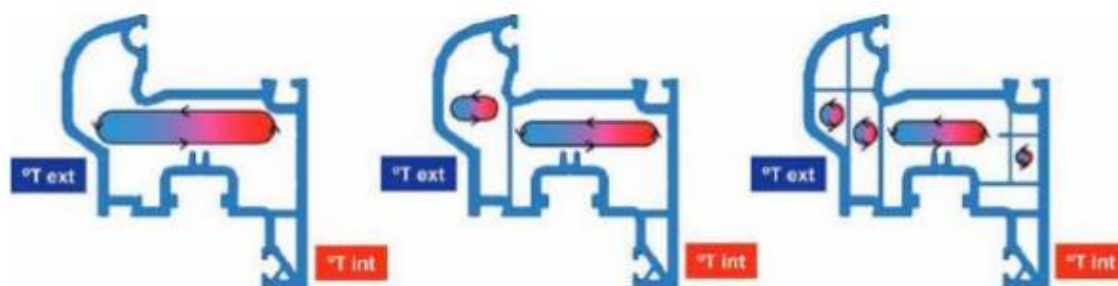


Fig. 3.2. Efecte de les cambres en marcs de PVC en transició de calor a l'hivern. Esquema pres de l'article [4].

	Transmitància tèrmica (U)
Fusta 500kg/m <sup>3</sup> - 60mm	2.0 W/m <sup>2</sup> K
Fusta 700kg/m <sup>3</sup> - 60mm	2.2 W/m <sup>2</sup> K
PVC 2càmeres	2.2 W/m <sup>2</sup> K
PVC 3 càmeres	1.8 W/m <sup>2</sup> K
Alumini sense RPT	5.7 W/m <sup>2</sup> K
Alumini amb RPT 4mm	4.0 W/m <sup>2</sup> K
Alumini amb RPT 12mm	3.2 W/m <sup>2</sup> K

Fig. 3.3. Dades de transmitància segons el material de la fusteria exterior, preses de l'article [4].

La qüestió però, es troba en que l'edifici objecte de millora energètica a l'estar construït amb materials antics i energèticament desfavorables, una fusteria de PVC amb cambra d'aire o una d'alumini amb RPT no es podrien sostenir donada la minsa gruixudesa de la façana de l'edifici. En conseqüència, se centrarà en la millora dels vidres donada la seva extensa superfície i ser un dels punts més perjudicial a nivell energètic.

### 3.1.2. Descripció de la millora i zona d'actuació

Donat que els vidres ocupen gran part de superfície de la façana de l'Edifici I, són una important contribució a la pèrdua d'energia global. Conseqüentment, s'ha decidit centrar-se en aquests i buscar una alternativa als actuals.

El mercat dels vidres està molt diversificat, durant els últims anys s'ha desenvolupat i explotat, donant lloc a vidres per tot tipus d'àmbits i aplicacions, des de construcció fins a automobilitat, indústria farmacèutica, òptica i moltes altres utilitats. En el cas de finestres d'ús exterior, també s'ha dut a terme una exhaustiva recerca i desenvolupament, alguns dels vidres més recurrents per tancaments exteriors poden ser: vidres baix emissius, vidres laminats amb làmines de polivinil butiral (PVB) a l'interior, vidres amb una o dues cambres d'aire que actuen d'aïllants tèrmics, vidres amb control solar, vidres templats,...

Evidentment, els millors vidres serien els de dobles o triples vidres amb cambres d'aire interior, aquests són els més utilitzats per finestres exteriors, ja que la cambra d'aire redueix significativament la transferència de calor entre l'interior i l'exterior. Tot i això, ens trobem amb el mateix problema que s'ha comentat abans, aquests vidres són massa gruixuts com perquè la façana actual els pugui sostenir. Pràcticament tota la façana s'ha definit amb 10 cm de gruix d'una estructura de ferro, el que faria insostenible la fusteria amb cambres d'aire i els vidres. A la Fig. 3.4 s'observa el gruix de la fusteria actual pertanyent una part de la façana de la planta 1 amb els marcs d'alumini.



Fig. 3.4. Imatge pertanyent a l'interior de la façana sud de la planta 1 on es mostra el gruix de la fusteria actual.

Donada aquesta limitació, s'acota la busca a vidres simples, de gruix menor de 10 mm. L'estudi s'ha fet amb **dos** tipus de vidres, s'han buscat vidres amb valors baixos de transmitància, ja que com s'ha vist el factor solar es pot disminuir fàcilment amb unes làmines solars.

En primer lloc, s'ha decidit analitzar un vidre Sunergy Dark Blue de 6mm de gruix, aquest tipus de vidre es caracteritza per ser baix emissiu (amb un valor-U petit) i tenir unes altres prestacions de control solar (valor del factor solar baix). Existeix en varis colors, des de transparent, verd, gris, però s'ha triat el blau marí ja que és el que aporta el mínim valor g. Estèticament també afavoreix a la imatge de l'edifici, com es pot veure a la Fig. 3.5.

Així mateix, té una tecnologia CVD corresponent a una Deposició Química de Vapor (*Chemical Vapor Deposition*), oferint-li una protecció a la degradació enfront a la matèria de llum i energia, com un bon aïllant tèrmic i una vida útil infinita.

Les característiques tècniques d'aquest vidre s'han extret del portal d'internet AGC - *Your Glass* [2], corresponents a una transmitància  $U = 4,1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  i un factor solar g de 0,37, la qual la fitxa tècnica es troba adjunta a l'Annex V.





*Fig. 3.5. Imatge representativa de l'estètica dels vidres Sunergy Dark Blue.*

Per altra banda, també s'ha tingut en compte com a proposta d'estudi, la instal·lació de vidres fotovoltaics. En aquest cas, no només es té en compte el canvi de vidres per uns més eficients energèticament, sinó la instal·lació d'energies renovables a gran part de la façana. Aquest tipus de vidres, tot i ser bastant més cars, tenen l'avantatge de generar energia, el que garanteix un descens del període de retorn de la inversió molt important. Així mateix, també proporcionen aïllament tèrmic, acústic i permeten l'entrada de llum natural filtrant part de la radiació solar.

Aquesta tecnologia utilitza un revestiment fotosensible pel vidre que pot tenir diferents graus de transparència, com més transparència menor serà la densitat de cèl·lules per metre quadrat i per tant menys energia generada. Una de les cares del vidre està revestida amb micromètriques capes actives de material fotovoltaic. L'energia generada evidentment dependrà de la orientació del vidre i la localitat de l'edifici on instal·lar-se. Tot i això es prendran valors estimatius per fer l'estudi. A les Fig. 3.6 i 3.7 es pot veure l'estètica que tenen aquests vidres a la construcció.

En aquest projecte, s'ha decidit escollir un vidre fotovoltaic 4T+4T de l'empresa Onyx Solar [7], equivalent a dos làmines de 4 mm de vidre trempat de Silici Cristal·lí, ja que els altres vidres simples superaven els 10 mm de gruix o tenien cambres d'aire. El vidre escollit és un vidre fosc amb una alta densitat de cèl·lules fotovoltaïques, amb un valor de transmissió  $U$  de  $5,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  i factor solar de 0,27, equivalent a una transparència del 15%.





Fig. 3.6 i Fig. 3.7. A l'esquerre s'observa els vidres fotovoltaics implementats a la Seu de Coca Cola FEMSA (Monterrey, Mèxic). A la dreta es pot apreciar un vidre fotovoltaic amb un grau de transparència elevat.

A més, tenint en compte que la potència pic en el c-Si (silici cristal·lí) i amb una alta densitat de cèl·lules pot arribar a  $165 \text{ Wp/m}^2$ . A mode orientatiu, sabem que en una instal·lació fixa i amb la tecnologia actual produeix  $1200 \text{ kWh/any}$  a Barcelona (dades extretes de l'article [6]). De manera que podem obtenir l'energia generada per  $\text{m}^2$  de superfície segons l'Equació 1:

$$\text{Equació 1} \quad E_{gen}' = P_{pic} [\text{Wp}] \cdot 1,2 = 165 \frac{\text{Wp}}{\text{m}^2} \cdot 1,2 = 198 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{any} \cdot \text{m}^2}$$

En definitiva, les propietats explicades fins ara de cada vidre es resumeixen a la taula següent Fig. 3.8.

	Transmitància tèrmica $U$ [ $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ ]	Factor solar $g$	$E_{gen}'$
<b>Sunergy Dark Blue</b>	$4.1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$	0.37	-
<b>Fotovoltaics 4T+4T</b>	$5.5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$	0.27	$198 \text{ kW} \cdot \text{h/any} \cdot \text{m}^2$

Fig. 3.8. Taula resum de les característiques tècniques dels vidres d'estudi.

La gran limitació de no poder posar vidres dobles o triples, és que els vidres simples no compleixen els requeriments de transmitància mínims recollits a la secció HE-1 del CTE i referenciats a la taula de la Fig. 2.2. El valor de transmitància mínima per vidres de façana exterior en la zona climàtica de Barcelona és de  $3,1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , tot i que els vidres proposats no ho compleixen, s'hi acosten més que els actuals i són les millors opcions dins dels vidres simples d'una sola làmina.

Pel que fa a la zona d'actuació, es mirarà en primer lloc la façana sud, ja que és on hi ha la major incidència solar i la que provoca que pugi més la temperatura interior de l'edifici a l'estiu, i en segon lloc es canviaran els vidres de la façana sud, juntament els de la l'est i l'oest, per veure si l'estalvi energètic surt a compte enfront l'econòmic.

### 3.1.3. Estalvi energètic

Com que el canvi de vidres actua sobre els elements passius de l'edifici, comporta una mesura passiva, que afecta principalment a envolupant tèrmica de l'edifici. Suposant així una reducció en la demanda energètica de l'edifici i com a conseqüència una disminució del consum energètic necessari. A les taules i gràfics següents s'agrupen les dades implementades. Per poder analitzar el compliment de la normativa actual de limitació de demanda energètica (HE-1), es compararan les dades obtingudes amb els valors límit del seu barem equivalent a una B, així prendrem la situació més restrictiva entre els objectius del projecte i el compliment de l'HE-1.

Per poder apreciar quin és l'estalvi per cada vidre, s'ha tornat a simular l'edifici canviant les dades corresponents a cada vidre i zona d'actuació. En primer lloc analitzarem els resultats obtinguts amb la implementació dels **vidres Sunergy**, els nous valors de demanda i consum a l'edifici són els següents:

	<b>Demanda Calefacció [kWh/m<sup>2</sup> any]</b>	<b>Demanda refrigeració [kWh/m<sup>2</sup> any]</b>	<b>Consum Global [kWh/m<sup>2</sup> any]</b>	<b>Qualificació energètica</b>	<b>Estalvi energètic</b>
<b>Situació Actual</b>	86,2	7,7	196,7	D	
<b>Façana Sud</b>	81,9	9,3	192,4	D	2,19%
<b>Façana Sud+Est+Oest</b>	79,5	10,3	190,1	D	3,36%

Fig. 3.9. Taula comparativa amb les dades de la situació actual i les de la implementació dels vidres Sunergy.

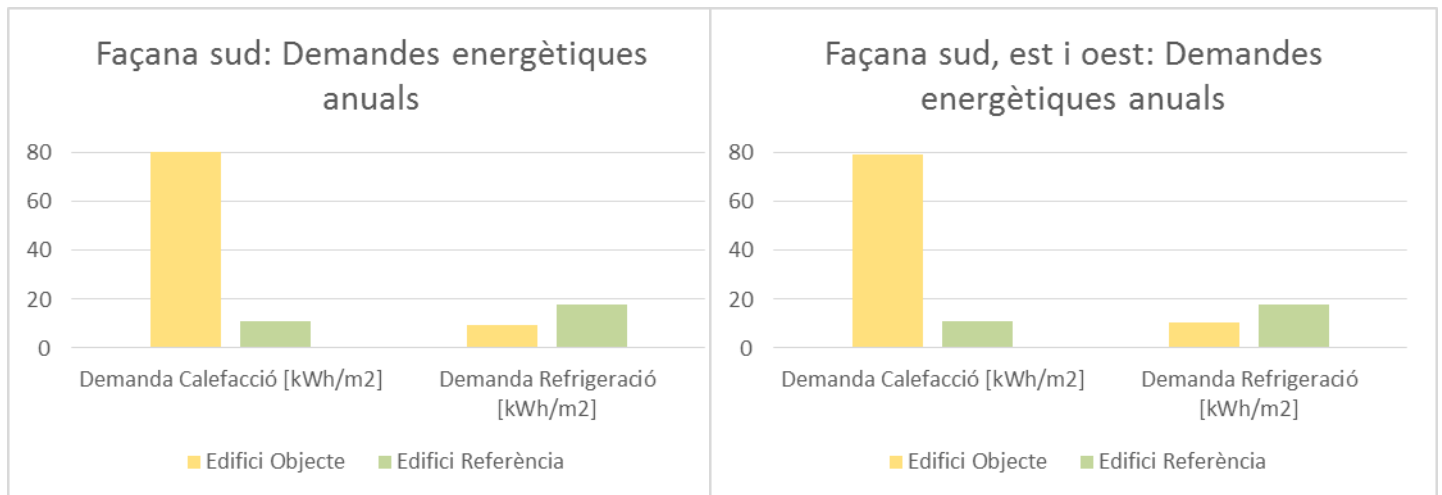


Fig. 3.10 i Fig. 3.11. Gràfics comparatiu de les dades de demandes energètiques anuals de calefacció i refrigeració segons la zona d'actuació.

Tot i que es pot apreciar que la demanda de calefacció ha disminuït, continua incomplint la limitació de l'HE-1, com es veu clarament als gràfics Fig. 3.10 i 3.11. A més, val a dir que si es comparen els valors obtinguts amb els de l'edifici original a la taula Fig. 3.9, es veu que l'estalvi energètic proporcionat no és significatiu. A més un altre punt interessant és l'efecte que té la demanda de refrigeració a mida que s'amplia la zona d'actuació, ja que aquesta també augmenta. Aquest fet probablement ve donat perquè el factor solar dels vidres Sunergy és major que el dels originals, provocant un major escalfament interior per radiació tèrmica a l'estiu sobretot.

Respecte al **vidres fotovoltaics**, no només tenen unes característiques tèrmiques diferents, que s'hauran de canviar dins el programa, sinó que també s'ha de calcular d'energia fotovoltaica generada per cada zona d'actuació. Aquesta energia es calcula segons les equacions [Equació 2 i Equació 3]:

$$\text{Equació 2} \quad E_{gen,FS} = \frac{E_{gen}'}{m^2} \cdot A_{F.Sud} = 198 \frac{kW \cdot h}{any \cdot m^2} \cdot 383.21 m^2 = 75875.08 \frac{kW \cdot h}{any}$$

$$\text{Equació 3} \quad E_{gen,FS+E+O} = \frac{E_{gen}'}{m^2} \cdot A_{F.S+E+O} = 198 \frac{kW \cdot h}{any \cdot m^2} \cdot 602.08 m^2 = 119212.33 \frac{kW \cdot h}{any}$$

Les dades extretes de les diferents simulacions són les següents:

	<b>Demanda Calefacció [kWh/m² any]</b>	<b>Demanda refrigeració [kWh/m² any]</b>	<b>Consum Global [kWh/m² any]</b>	<b>Qualificació energètica</b>	<b>Estalvi energètic</b>
<b>Situació Actual</b>	86,2	7,7	196,7	D	
<b>Façana Sud</b>	85,4	8,2	170,5	C	13,32%
<b>Façana Sud+Est+Oest</b>	84,9	8,5	155,5	C	20,95%

Fig. 3.12. Taula comparativa amb les dades de la situació actual i les de la implementació dels vidres Fotovoltaics.

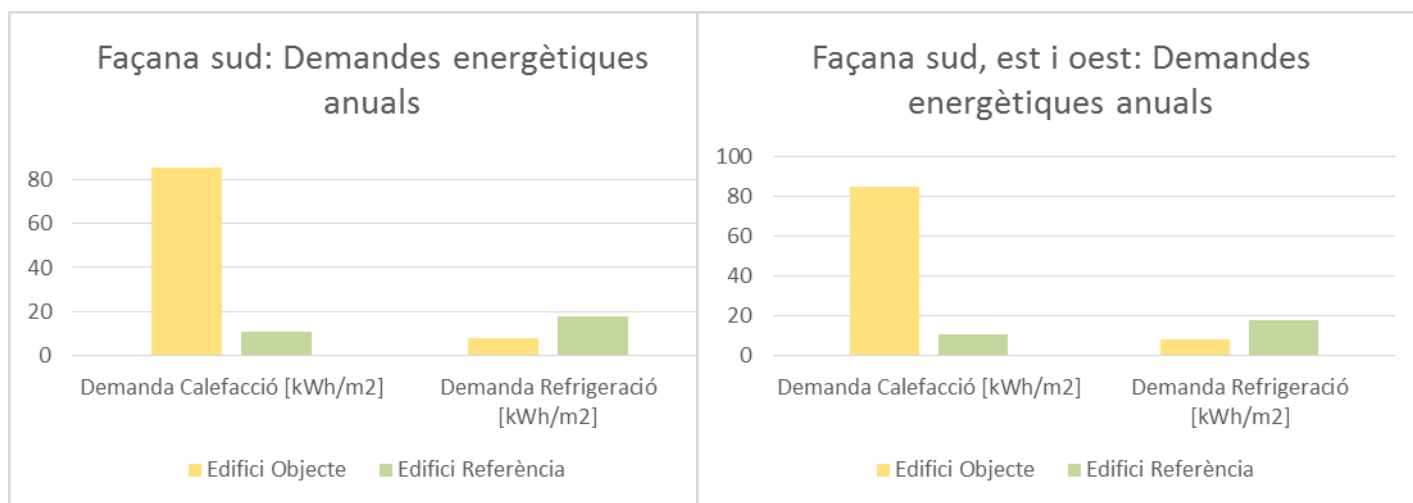


Fig. 3.13 i Fig. 3.14. Gràfics comparatius de les dades de demandes energètiques anuals de calefacció i refrigeració segons la zona d'actuació.

Tot i que els resultats de la simulació feta amb vidres fotovoltaics són molt millors, hi continua havent el mateix problema de que la demanda de calefacció no compleix la limitació HE-1. Tot i això, probablement al combinar-se amb les altres mesures constructives, la certificació doni resultats més òptims.

Comparant els valors obtinguts amb els de l'edifici original a la taula

Fig. 3.12, es percep que la millora implementada amb vidres fotovoltaics sí que és significativa, si es canviessin els vidres de la façana sud, la est i la oest, l'estalvi energètic seria de més d'un 20%. Tot i que la demanda de refrigeració també augmenta, aquest ascens no és important ja que se li continua atorgant una A.

Es conclou l'estudi energètic, amb aquesta taula de la Fig. 3.15, que conté els valors de consum extrems de cada simulació i per cada zona d'actuació. Aquests seran molt útils a l'hora de realitzar l'anàlisi de viabilitat econòmica.

	Consum Global [kWh/m <sup>2</sup> any]	Consum anual [kWh/any]	Estalvi energètic
<i>Situació Actual</i>	196,7	1138371,745	
<i>Sunergy F.Sud</i>	192,4	1113486,14	24885,605
<i>Sunergy F.S+E+O</i>	190,1	1100175,235	38196,51
<i>Fotovoltaics F.Sud</i>	170,5	986743,175	151628,57
<i>Fotovoltaics F.S+E+O</i>	155,5	899932,925	238438,82

Fig. 3.15. Taula amb les dades de consum de totes les simulacions dels vidres.

### 3.1.4. Valoració econòmica

Tot i que amb l'anàlisi energètic s'ha pogut corroborar que la implementació amb vidres fotovoltaics aportava un major estalvi que amb vidres Sunergy, s'haurà de fer un anàlisi econòmic per veure si aquesta inversió és rentable o no. Com que s'ha comprovat que l'estalvi energètic aplicat a la façana sud, est i oest era casi el doble que l'aplicat únicament a la façana sud, se centrarà tot l'estudi econòmic a la inversió per la façana sud, est i oest.

#### PRESSUPOST

Pel que fa al pressupost, s'ha fet una cerca exhaustiva de preus dels productes i mitjançant els generadors de preus [8] i [9] s'ha trobat el preu de la mà d'obra per la instal·lació, tot i que aquest valor depèn de les hores que es tardaria a fer el servei, és un preu aproximatiu per poder comprar-los entre ells. A la Fig. 3.16 es pot veure el resum d'aquesta cerca.

	Preu (€/m <sup>2</sup> )	Mà d'obra (€/hora)	Preu total (€/m <sup>2</sup> )	Inversió (€)
<b><i>Sunergy Dark Blue</i></b>	15	7,38	22,38	<b>13474,5504</b>
<b><i>Fotovoltaics</i></b>	115	33,96	148,96	<b>89685,8368</b>

Fig. 3.16. Taula amb els preus desglossats i la inversió global dels vidres d'estudi.

#### ESTUDI DE VIABILITAT ECONÒMICA

Per realitzar el càlcul de la viabilitat econòmica s'ha tingut en compte, per una banda, la valoració de continuar amb els actuals vidres, i per l'altra, la substitució per les dues propostes descrites anteriorment.

S'han tingut en compte les dades següents per efectuar els càlculs:

1. Inflació electricitat: 4%
2. Preu electricitat: 0,146 €/kWh
3. Vida útil Vidres Sunergy: Infinita
4. Vida útil Vidres fotovoltaics: 10 anys

En el cas dels **vidres Sunergy**, tenen una vida útil infinita, mentre que la dels vidres fotovoltaics és d'aproximadament 10 anys, tot i això com que l'estudi s'ha fet a 5 anys vista, no s'han tingut en compte els costos de substitució ni per esgotament d'anys de funcionament, ni per trencament, ja que seria un cost imprevist complicat d'aproximar.

La següent taula Fig. 3.17 mostra un detall dels fluxos de caixa per un període de 5 anys contemplant l'opció de seguir amb els mateixos vidres que actualment hi ha i l'opció de la proposta de millora d'implementar els vidres Sunergy.

<i>Actual</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Inversió</i>	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<i>Consum</i>	- €	166.202,27 €	172.850,37 €	179.764,38 €	186.954,96 €	194.433,15 €
<i>TOTAL</i>	- €	166.202,27 €	172.850,37 €	179.764,38 €	186.954,96 €	194.433,15 €
<i>Proposta 1</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Inversió Sunergy</i>	13.474,55 €	- €	- €	- €	- €	- €
<i>Consum</i>	- €	160.625,58 €	167.050,61 €	173.732,63 €	180.681,94 €	187.909,21 €
<i>TOTAL</i>	13474,5504	160.625,58 €	167.050,61 €	173.732,63 €	180.681,94 €	187.909,21 €
<b><i>Flux de caixa</i></b>	- 13.474,55 €	5.576,69 €	5.799,76 €	6.031,75 €	6.273,02 €	6.523,94 €
<b><i>Acumulat</i></b>	- 13.474,55 €	-7.897,86 €	-2.098,10 €	3.933,65 €	10.206,66 €	16.730,60 €

Fig. 3.17. Taula amb el càlcul de viabilitat econòmica pel vidres Sunergy.

A la fila d'inversions es consideren les inversions a realitzar any a any, en el cas de la situació actual són nul·les ja que es segueix amb els mateixos vidres que hi ha, mentre que en la proposta de millora es realitza una sola inversió l'any inicial.

Com s'ha proposat, en aquest càlcul no es tindran en compte els costos per substitució ja que tant en els actuals com en la proposta seria un cost accidental en cas de trencament, aquest és molt difícil de predir o aproximar i s'ha decidit no contemplar-se en el període de anys que s'ha fet d'estudi.

A la fila de consum apareix el cost econòmic del consum energètic anual de l'edifici en el cas de tenir cada vidre, incloent-s'hi any a any la inflació sobre el preu de l'energia.

Pel que fa al flux de caixa, és la diferència entre el total de la situació actual i el de la proposta per cada any, en canvi l'acumulat és el valor conjunt de l'any anterior més el flux de caixa de l'any actual.

A continuació, podem veure representats els fluxos de caixa i l'acumulat a la Fig. 3.18:

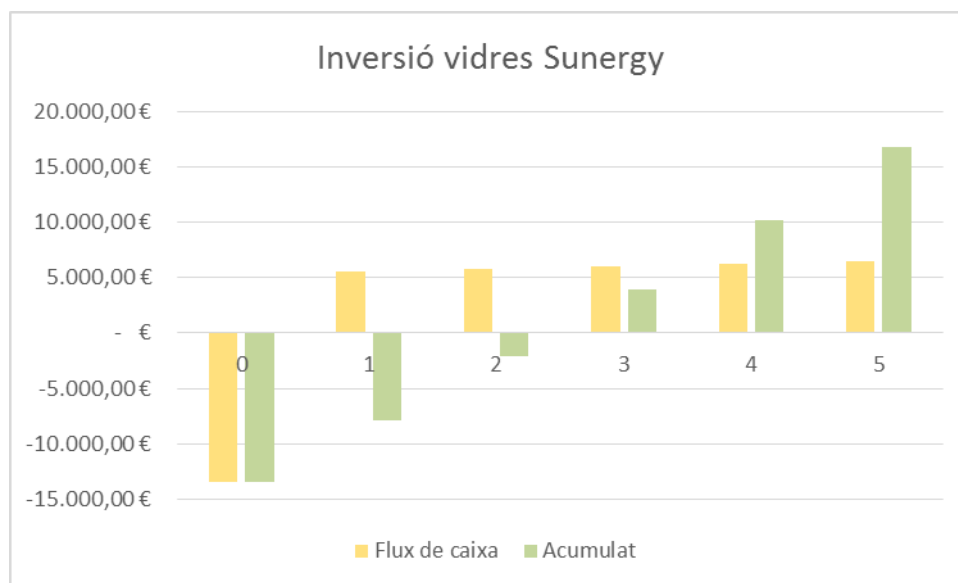


Fig. 3.18. Gràfic representatiu dels fluxos de caixa i el valor acumulat per la implementació dels vidres Sunergy.

La següent taula Fig. 3.19 resumeix els resultats de l'estudi econòmic:

TIR	34%
VAN	8.414,10 €
Payback	3 anys

Fig. 3.19. Taula amb els valors de VAN, TIR i període de retorn de la inversió de vidres Sunergy.

El VAN fa referència al Valor Actualitzat Net i es calcula a partir del flux de caixa, al ser positiu indica que la inversió és viable i que produirà guanys per sobre la seva rendibilitat amb el valor indicat a la taula Fig. 3.19. El TIR és la Taxa Interna de Retorn, corresponent al tipus d'interès quan el VAN s'anul·la, com més alt sigui el TIR més rendible serà la nostre inversió.

El més important però, és el temps que es tarda a recuperar la inversió, aquest concepte es mesura amb el període de retorn, que es pot veure gràficament a la Fig. 3.18 quan el flux de caixa i el valor acumulat comencen a donar valors positius, amb la inversió dels vidres Sunergy és equivalent a 3 anys.

En segon lloc, també s'analitzarà la inversió dels **vidres fotovoltaics** i com es rendibilitza. A continuació es fa l'estudi de viabilitat econòmica, descrit amb els càlculs de la taula de la

Fig. 3.20, per un període de 5 anys contemplant l'opció de seguir amb els vidres actuals o implementant els fotovoltaics.

<i>Actual</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Inversió</i>	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<i>Consum</i>	- €	166.202,27 €	172.850,37 €	179.764,38 €	186.954,96 €	194.433,15 €
<i>TOTAL</i>	- €	166.202,27 €	172.850,37 €	179.764,38 €	186.954,96 €	194.433,15 €
<i>Proposta 2</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Inversió Fotovoltaics</i>	89.685,84 €	- €	- €	- €	- €	- €
<i>Consum</i>	- €	131.390,21 €	136.645,82 €	142.111,65 €	147.796,11 €	153.707,96 €
<i>TOTAL</i>	89685,8368	131.390,21 €	136.645,82 €	142.111,65 €	147.796,11 €	153.707,96 €
<b><i>Flux de caixa</i></b>	- 89.685,84 €	34.812,07 €	36.204,55 €	37.652,73 €	39.158,84 €	40.725,20 €
<b><i>Acumulat</i></b>	- 89.685,84 €	- 54.873,77 €	- 18.669,22 €	18.983,51 €	58.142,36 €	98.867,55 €

Fig. 3.20. Taula amb el càlcul de viabilitat econòmica pel vidres fotovoltaics.

Com en el cas dels vidres Sunergy, només s'ha considerat una sola inversió corresponent a la compra i instal·lació dels vidres, i es realitza l'any inicial. Aquí tampoc s'han considerat costos per substitució ja que la vida útil dels vidres fotovoltaics és superior als 5 anys en els que s'ha fet.

A la fila de consum, flux de caixa i acumulat s'han calculat exactament igual que com s'ha explicat en el cas anterior, tot i això s'han pres els valors de consum corresponents per cada millora.

A continuació, s'ha fet un gràfic del flux de caixa i acumulat a la Fig. 3.21, resultant un valor del període de retorn de 3 anys. Amb aquest valor de payback no podem treure cap conclusió ja que és el mateix que la proposta feta amb el vidres Sunergy.



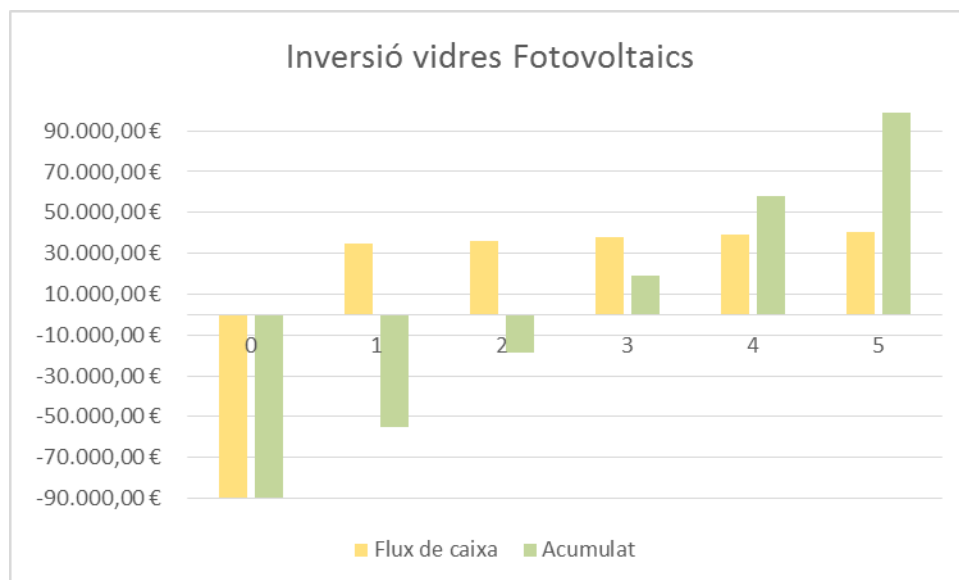


Fig. 3.21. Gràfic representatiu dels fluxos de caixa i el valor acumulat per la implementació dels vidres fotovoltàics.

Tot i això si s'analitzen els valors de VAN i TIR, s'observa que encara que el TIR és lleugerament menor que en el cas dels vidres Sunergy, el VAN té un factor de proporcionalitat major que 4 en els vidres fotovoltàics, el que significa que la inversió estudiada en segon terme serà molt més rendible, tal i com es mostra a la taula de la Fig. 3.22.

TIR	30%
VAN	47.458,93 €
Payback	3 anys

Fig. 3.22. Taula amb els valors de VAN, TIR i període de retorn de la inversió de vidres fotovoltàics.

#### CÀLCUL D'EMISSIONS DE CO<sub>2</sub>

És important també, tractar les emissions de CO<sub>2</sub> i quin estalvi hi ha en cada proposta de millora. Amb les simulacions fetes amb CE3X s'han obtingut els valors de les emissions tant pels indicadors parcials com global.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
<div><div>&lt; 13.6</div><div>13.6-22.1</div><div>22.1-34.0</div><div>34.0-44.3</div><div>44.3-54.5</div><div>54.5-68.1</div><div>≥ 68.1</div></div>	35.5 D	CALEFACCIÓN		ACS	
Emisiones calefacción [kgCO2/m² año]		G	Emisiones ACS [kgCO2/m² año]		
21.61			3.99		
REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN			
Emisiones refrigeración [kgCO2/m² año]		A	Emisiones iluminación [kgCO2/m² año]		
1.93			8.22		
Emisiones globales [kgCO2/m² año]					

Fig. 3.23. Valors d'emissions de CO<sub>2</sub> dels indicadors parcials i global en la simulació dels Vidres Sunergy.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
<div><div>&lt; 13.6 A</div><div>13.6-22.1 B</div><div>22.1-34.0 C</div><div>34.0-44.3 D</div><div>44.3-54.5 E</div><div>54.5-68.1 F</div><div>≥ 68.1 G</div></div>	<div>29.8 C</div>	CALEFACCIÓN		ACS	
		<div>Emisiones calefacción [kgCO2/m² año]</div>	G	<div>Emisiones ACS [kgCO2/m² año]</div>	F
		23.08		3.99	
				REFRIGERACIÓN	
<div>Emisiones globales [kgCO2/m² año]</div>		<div>Emisiones refrigeración [kgCO2/m² año]</div>	A	<div>Emisiones iluminación [kgCO2/m² año]</div>	B
		1.59		8.22	

Fig. 3.24. Valors d'emissions de CO<sub>2</sub> dels indicadors parcials i global en la simulació dels Vidres Sunergy.

Tot seguit, es calcula l'estalvi d'emissions en cada proposta a la taula de la Fig. 3.25 següent. Tot i que a l'apartat anterior ja s'ha arribat a la conclusió que la proposta de millora més eficient era la implementació dels vidres fotovoltaics, es corrobora aquest fet amb l'estalvi d'emissions, sent molt major en aquest mateix cas.

	Emissions globals CO <sub>2</sub> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> any]	Estalvi [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> any]
Situació Actual	36,8	
Sunergy F.S+E+O	35,5	1.3
Fotovoltaics F.S+E+O	29,8	7

Fig. 3.25. Taula amb els valors agrupats de les emissions de CO<sub>2</sub> i l'estalvi produït en cada cas.

## 3.2. Aïllament interior

### 3.2.1. Descripció de la situació actual

Com s'ha anat comentant al llarg del treball, l'aïllament de les façanes del pavelló I de l'ETSEIB és bastant precari per no dir nul, els tancaments estan fets amb materials molt deteriorats que prenen valors de transmissió que no compleixen cap tipus de reglamentació actual. A més el gran problema d'aquest edifici és que la majoria de tancaments exteriors són exclusivament vidre.

Tot i això, com s'explica a l'Annex I, s'ha definit la façana dividint-la en dos tipus de composicions diferents.

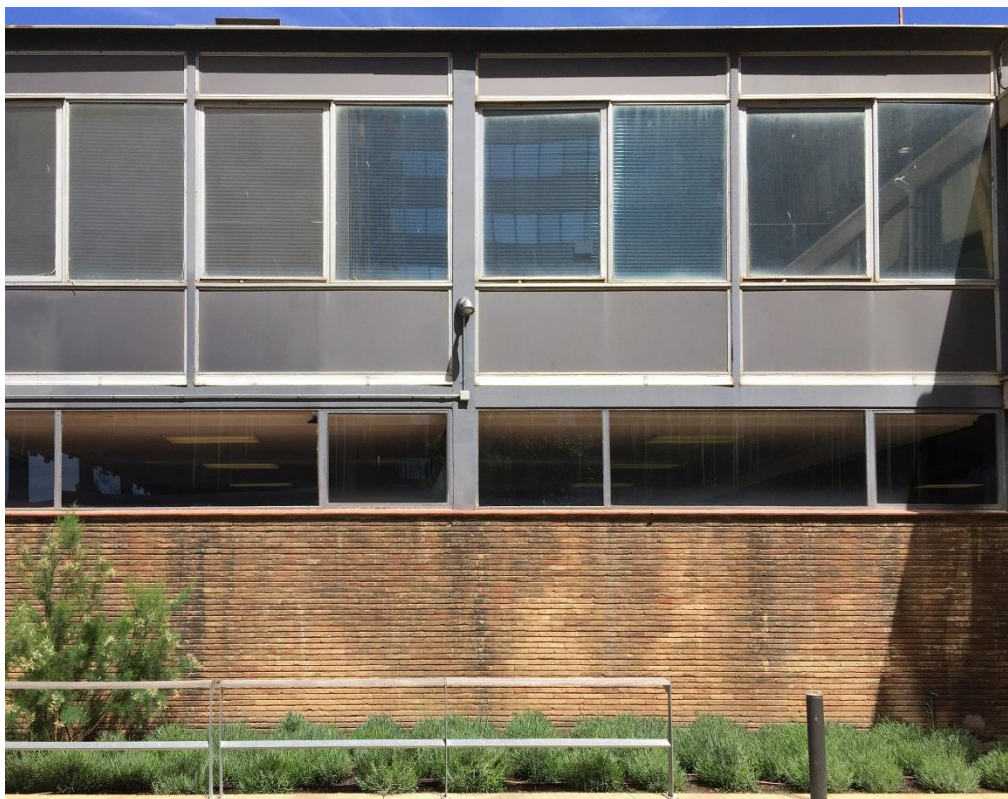
Pels tancaments exteriors que són pràcticament tots de vidre, referents a tota la façana de la Planta 1 i part de la Planta Baixa, se'ls ha definit com a **façana A**, com es representa a les Fig. I. 3 i Fig. I. 4 de l'Annex I. Aquesta és una estructura de ferro pel vidre, amb molt males característiques tèrmiques, donada l'alta conductivitat tèrmica dels metalls, afavoreix molt la transmissió de calor i per tant, no aporta cap tipus d'aïllament. Aquest és un dels elements més crítics del nostre projecte, ja que energèticament és molt desfavorable, produint grans pèrdues de consum. A la imatge següent de la Fig. 3.26 es pot veure una part d'aquesta façana corresponent a la cara nord de l'edifici.



*Fig. 3.26. Façana de la cara Nord. On s'observa l'estructura de ferro i com els vidres ocupen pràcticament tota la superfície del tancament.*

Tenint en compte aquestes condicions, s'ha agafat el valor de transmissió que dona el programa segons la normativa vigent l'any de construcció de l'edifici, obtenint una  $U$  de  $2,38 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , extremadament desfavorable. Aquesta decisió s'explica en detall a l'Annex I. Sent per tant, aquesta façana un dels principals elements a millorar.

Pel que fa a la resta de la façana, corresponent a l'altra part de la Planta Baixa (s'indicarà gràficament a la Fig. I. 7 de l'Annex I), s'ha anomenat **façana B**. Aquesta està composta per una càmera d'aire interior de 8 cm de gruix, envoltada de dues capes de 10 cm d'espessor cada una de maó convencional, i un arrebossat de guix de 2 cm, aportant un gruix total de 30 cm. A més, aquesta façana té molts menys vidres, el que fa que tingui menys pèrdues tèrmiques. A continuació, a la Fig. 3.27, podem veure part de la vista exterior d'aquesta façana.



*Fig. 3.27. Façana de la cara Sud. On s'observa la façana B al tancament de la Planta Baixa, en el que l'arrebossat de guix està per l'interior i el maó es pot veure des de l'exterior. A la planta 1 es pot veure part de la façana A.*

Aquesta façana té un valor de transmissió  $U$  de  $1,57 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , molt menor que el de la façana A. Això provocarà que a l'hora de fer l'estudi de millora, s'hagin de prendre procediments diferents per cada façana.

### 3.2.2. Descripció de la millora i zona d'actuació

Donada la crítica transmitància dels tancaments exteriors, i sobretot de la façana A, el més lògic seria canviar tot el tancament exterior, renovant tota la façana amb materials competents a nivell energètic. En els darrers anys la qualitat constructiva ha augmentat molt, donant-se molta importància a l'aïllament de la façana. S'han anat desenvolupant materials que aporten molta resistència a la transferència de calor amb molt poca massa, millorant d'aquesta manera el confort tèrmic interior.

Tot i això, aquesta renovació dels tancaments exteriors inclouria obres de remodelació de la façana, això pujaria molt els costos de la inversió i augmentaria el període de retorn d'aquesta inversió. De manera que encara que les obres siguin la millor opció per acabar amb la precarietat dels tancaments exteriors de l'ETSEIB, no es tindran en compte donada la seva excessiva inversió.

Pel que fa a la zona d'actuació, se centrarà en millorar l'aïllament dels despatxos i els espais on s'acostuma a estar estàtic durant hores com són la biblioteca o el siae. Aquestes zones totes fan referència a la Planta 1, on tot són despatxos i la biblioteca, i de la Planta Baixa la part corresponent al SIAE i als despatxos. Si s'observen les Fig. I. 3 i Fig. I. 4 corresponents a la façana A, podem veure que fan referència exactament a les zones en es vol implementar aquesta millora. De manera que es focalitzarà la cerca en trobar una proposta energètica per la façana A, donades les males condicions actuals.

En el cas que es decidís també implementar una proposta de millora energètica per la façana B, seria més assequible ja que comporta una càmera d'aire dins la seva composició. El més recurrent en aquestes situacions és recórrer a aquesta càmera d'aire i omplir-la amb un material aïllant (material amb una conductivitat tèrmica menor de 0,06 W/m·K segons el Codi Tècnic).

Donada la limitació de les obres, es centrarà la proposta en buscar un tipus d'aïllament tèrmic interior que no impliqui obres i sigui rentable cara als pròxims anys. Les millors opcions a contemplar són revestiments interns que aportin un bon aïllament en el mínim gruix possible per no reduir excessivament l'espai interior, sobretot dels despatxos i sigui factible econòmicament. En casos com aquest una de les millors opcions és recórrer als extradossats a base de placa guix laminat, ja que no modifiquen l'aspecte exterior de l'edifici i s'augmenta significativament el confort tèrmic interior.

Aquests revestiments mitjançant plaques de guix laminat se'ls anomena extradossats de pladur, bàsicament consten de plaques de pladur, equivalents a guix laminat o cartró-guix, fixades a la paret interior de l'edifici tant mecànicament amb cargols o grapes o directament amb pastes adhesives, precisen un manteniment mínim reduint significativament les pèrdues de calor i no es requereixen obres per la seva instal·lació. Segons el tipus de fixació es diferencien tres tipus d'extradossats: directe, semidirecte o autoportant. [12]

L'extradossat directe, en els que les plaques de guix laminat s'enganxen a la part interior del tancament mitjançant una pasta adhesiva, el semidirecte, on es fixen les plaques de guix laminat a perfils omega mecànicament amb cargols o grapes, prèviament fixats a la paret. I per últim, l'extradossat autoportant, on també es fixen mecànicament les plaques de pladur a canals o perfils en forma de U, ja subjectes a la paret. A continuació, a la Fig. 3.28, es pot observar gràficament la diferència entre aquests tres mètodes:



Fig. 3.28. Diferència gràfica entre els tres tipus d'extradossats de pladur amb la seva fixació corresponent, extrets de la referència [11].

En el cas de l'extradossat semidirecte i autoportant, es crea una cambra d'aire entre la paret i les làmines de guix laminat, aquesta contribueix a disminuir la transferència de calor. Tanmateix per evitar pèrdues de calor per convecció donat el moviment de l'aire, aquestes càmeres es poden omplir amb altres materials que proporcionin un major aïllament tèrmic, acústic, al foc o a la condensació.

Pel que fa a aquesta proposta, s'ha escollit l'extradossat de plaques de guix laminat format amb una estructura autoportant amb perfil·laria de planxa d'acer galvanitzat. La cambra d'aire, es farcirà amb plaques de llana mineral de vidre de 30 mm de gruix, i es recobrirà amb plaques de guix laminat hidròfugues de 15 mm de gruix i vora afinada (BA). Aportant un gruix total a l'extradossat de 51 mm. A la Fig. 3.29 s'observa una imatge esquemàtica d'aquesta proposta.



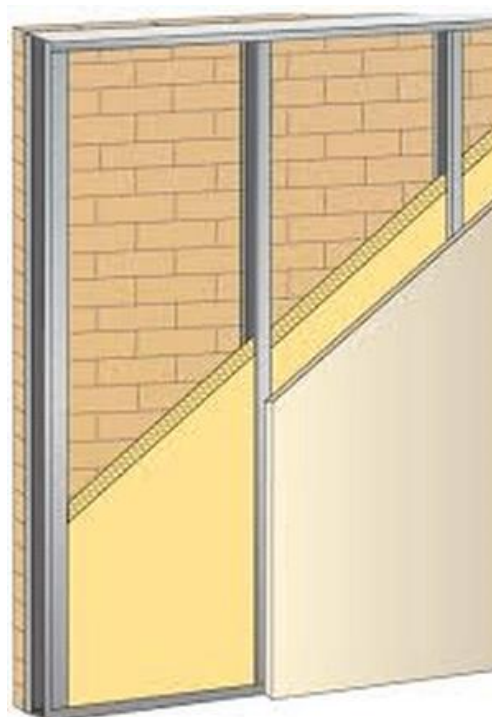


Fig. 3.29. Esquema d'un extradossat autoportant de pladur amb un material aïllant a l'interior, extret de la referència [12].

Les propietats dels materials escollits són els següents:

Material	Conductivitat tèrmica $\lambda$ [W/m·K]
<b>Llana mineral de vidre</b>	0,038 W/m·K
<b>Guix laminat</b>	0,25 W/m·K

Fig. 3.30. Propietats tèrmiques dels materials que componen l'extradossat.

Per saber el valor de la transmitància tèrmica s'ha entrat a la llibreria de tancaments per dissenyar l'extradossat, al tenir la placa de guix laminat de 15 mm i la llana de vidre de 30 mm, els restants 6 mm s'han entrat fent una hipòtesis com si fos aire, ja que probablement vinguin donats per cintes adhesives com a aïllament acústic o tractament de juntes i aire.

	Transmitància tèrmica $U$ [W/m <sup>2</sup> ·K]
<b>Façana A</b>	2,38 W/m <sup>2</sup> ·K
<b>Façana A + Estradossat</b>	0,73 W/m <sup>2</sup> ·K

Fig. 3.31. Taula resum que compara les transmitàncies de la façana A actual amb i sense extradossat.

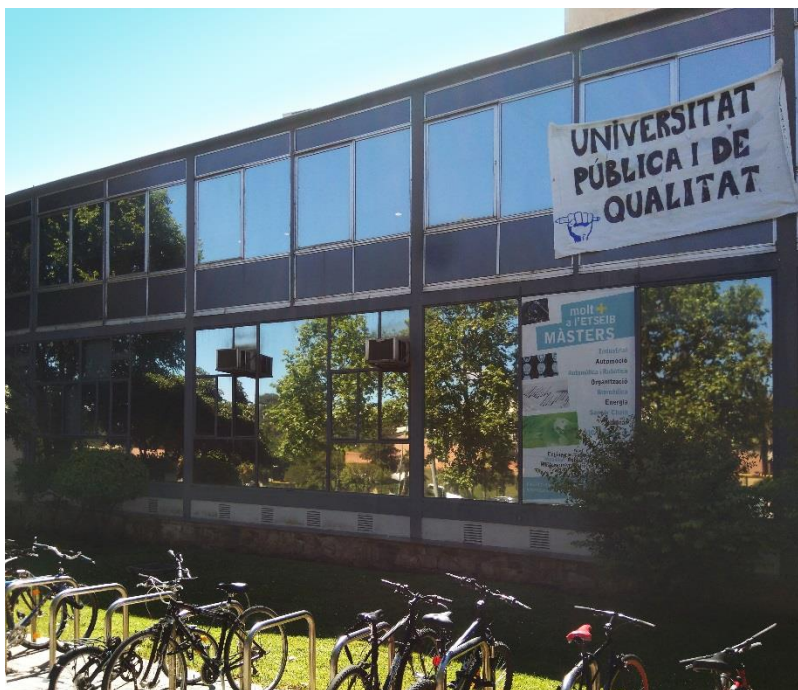
Observant la taula de la Fig. 2.2 de les transmitàncies màximes permeses dins del CTE, veiem que el valor- $U$  màxim admissible per façanes és de 0,75 W/m<sup>2</sup>·K, per tant amb l'extradossat definit en aquesta millora, entrem dins del rang acceptat per l'HE-1 segons la zona climàtica del projecte.

### 3.2.3. Estalvi energètic

Igual que la mesura anterior, estem davant d'una millora passiva. Actuant en la pell de l'edifici, i mitjançant una reducció de la transmitància dels tancaments exteriors es pretén reduir la demanda de calefacció i intentar arribar als valors acceptats pel Codi Tècnic de l'Edificació.

Amb l'extradossat implementat, es redueixen molt les pèrdues de calor a través de la façana A, i per tant la demanda de calefacció. Per comprovar aquestes hipòtesis, s'ha tornat a simular amb CE3X tot l'edifici canviant les dades de transmitància de la façana A, ja que és la zona d'actuació on afecta aquesta millora.

Tot i que la manera de dissenyar l'edifici dins del programa ha estat, en primer lloc, crear tot el tancament com si no hi haguessin finestres, i a continuació definir els vidres amb la superfície que ocupen a cada façana corresponent, la superfície de millora serà lleugerament major de la real, ja que té en compte tota l'estructura de ferro que hi ha actualment. Tanmateix la diferència serà mínima ja que la part referent a l'estructura de ferro entre vidres és molt estreta, com es pot veure a la Fig. 3.32 següent.



*Fig. 3.32. Façana nord on tant la Planta Baixa com la Planta 1 pertanyen a la façana A. Es pot observar la zona on s'implementaria la millora, corresponent a la part superior i inferior del tancament on no hi ha vidres.*



Els resultats de la simulació amb les noves dades de transmissió a la façana A, comproven que la demanda de calefacció es redueix lleugerament, exactament en un 3,6% com s'aprecia a la Fig. 3.33. També es pot observar com ha disminuït el consum global de l'edifici, tot i que es manté la qualificació en una D.

	<b>Demanda Calefacció [kWh/m² any]</b>	<b>Demanda refrigeració [kWh/m² any]</b>	<b>Consum Global [kWh/m² any]</b>	<b>Qualificació energètica</b>	<b>Estalvi energètic</b>
<i>Situació Actual</i>	86,2	7,7	196,7	D	
<i>FA+Extradossat</i>	83,1	7,7	192,3	D	2,24%

Fig. 3.33. Taula comparativa amb les dades de la situació actual i les de la implementació de l'extradossat a la façana A.

Malgrat aquesta important reducció, no és suficient donat que el programa li continua atorgant una G a la demanda de calefacció, estant lluny encara de complir els objectius del projecte i de l'HE-0 corresponent a una B. En els gràfics següents, la Fig. 3.34, compara els valors de demanda de la millora amb els corresponents a obtenir una B tant en la de calefacció com en la de refrigeració. Com es veu clarament, la demanda de calefacció continua incomplint les limitacions del CTE mentre que la de refrigeració compleix satisfactòriament.

En el gràfic de la Fig. 3.34, s'observa com canvien els valors de les mateixes demandes en la situació actual i una vegada implementat l'extradossat en la façana A, en el cas de la calefacció, la reducció de la demanda és notable donada la disminució del valor de transmissió en la proposta de millora.

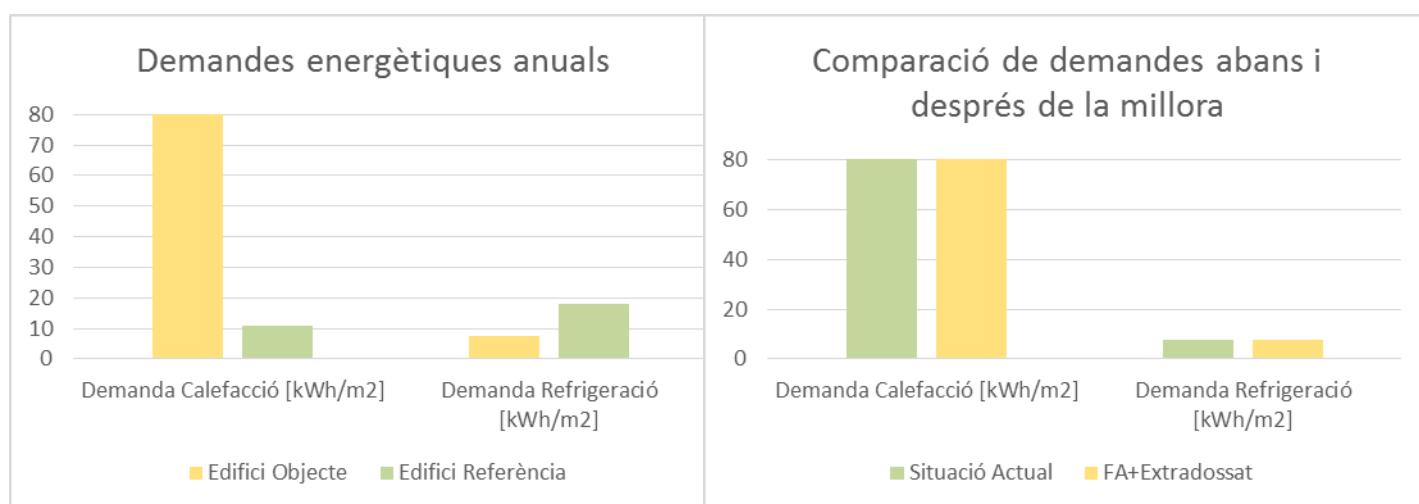


Fig. 3.34 i Fig. 3.35. Gràfics comparatius de les dades de demandes energètiques anuals de calefacció i refrigeració respecte les dades de referència i les de la situació actual.

Finalment, per acabar l'estudi energètic es calculen els valors de consum anuals per tot l'edifici tant en la situació actual com implementant l'extradossat a la part interior de la façana A, d'aquesta manera es pot calcular l'estalvi energètic global de la proposta. Facilitats a la taula següent de la Fig. 3.36:

	Consum Global [kWh/m <sup>2</sup> any]	Consum anual [kWh/any]	Estalvi energètic
<i>Situació Actual</i>	196,7	1138371,745	
<i>FA+Extradossat</i>	192,3	1112907,405	25464,34

Fig. 3.36. Taula amb les dades de consum i estalvi energètic de la simulació amb l'extradossat implementat a l'interior de la façana A.

### 3.2.4. Valoració econòmica

A continuació amb els valors calculats a la taula Fig. 3.36 de consum energètic anual i amb el pressupost de la inversió a implementar, es procedirà a fer un estudi de viabilitat econòmica per comprovar si la inversió és rentable i a quants anys vista.

#### PRESSUPOST

En primer lloc, s'ha hagut de buscar els preus de tots els materials, en aquest cas per poder tenir en compte tot el cost de mà d'obra, de les pastes per les juntes, dels canals i muntants per fer l'estructura,... s'ha utilitzat el banc de preus de Bedec [8], aquest no només retorna el preu per m<sup>2</sup> incloent tots aquests paràmetres, també el volum de residus classificats segons el seu tipus i cost energètic en emissió de CO<sub>2</sub>, tot i que aquest no és necessari ja que amb la simulació amb CE3X podem extreure valors més precisos. Aquestes dades extretes de Bedec, es troben adjuntades a l'Annex VI.

A la taula següent Fig. 3.37, s'ha calculat la superfície d'implementació com l'àrea on es podria aplicar el revestiment de cartró guix explicat, aquesta àrea no es correspon amb la façana A, ja que com s'ha dit, gran part d'aquesta està composta per vidre, de manera que s'ha tingut en compte només les parts inferiors i superiors de les finestres en els casos possibles.

	Preu total implementació (€/m <sup>2</sup> )	Superfície implementació (m <sup>2</sup> )	Inversió (€)
<i>Extradossat</i>	30,97	507,16	<b>15706,7452</b>

Fig. 3.37. Taula amb el pressupost de la inversió del revestiment interior, amb el preu extret de l'Annex VI.

### ESTUDI DE VIABILITAT ECONÒMICA

Per l'estudi de viabilitat econòmica s'ha considerat continuar amb la façana A tal com està actualment o bé afegir el revestiment de l'extradossat de cartró guix. Per fer aquests càlculs, apart de la inversió inicial de la taula Fig. 3.37 i els consums anuals tant de la situació actual com de la implementació de la millora de la taula Fig. 3.36, s'han tingut en compte:

1. Inflació electricitat: 4%
2. Preu electricitat: 0,146 €/kWh
3. Vida útil d'un extradossat autoportant: 20-30 anys

Tenint en compte aquests dades, s'ha fet el següent estudi en un període de 5 anys vista, al tenir el revestiment implementat una vida útil superior a la del període analitzat, no es consideraran els costos de substitució. A la taula següent taula Fig. 3.38 es poden veure tots els càlculs detallats així com el flux de caixa i el valor acumulat contemplant la inversió corresponent i els consums de la situació actual.

<i>Actual</i>	0	1	2	3	4	5	6
<i>Inversió</i>	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<i>Consum</i>	- €	166.202 €	172.850 €	179.764 €	186.954 €	194.433 €	202.210 €
<i>TOTAL</i>	- €	166.202 €	172.850 €	179.764 €	186.954 €	194.433 €	202.210 €
<i>Implementació Extradossat</i>	0	1	2	3	4	5	6
<i>Inversió</i>	15.706 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<i>Consum</i>	- €	162.484 €	168.983 €	175.743 €	182.772 €	190.083 €	190.083 €
<i>TOTAL</i>	15706	162.484 €	168.983 €	175.743 €	182.772 €	190.083 €	190.083 €
<i>Flux de caixa</i>	- 15.706 €	3.717 €	3.866 €	4.021 €	4.182 €	4.349 €	12.126 €
<i>Acumulat</i>	- 15.706 €	- 11.988 €	- 8.122 €	- 4.101 €	80,73 €	4.430 €	16.556 €

Fig. 3.38. Taula amb el càlcul de viabilitat econòmica per la implementació de l'extradossat de guix laminat.

Com en el casos anteriors, a la fila d'inversions, s'ha tingut en compte una sola inversió corresponent a portar a terme el revestiment, realitzada l'any inicial. Pel que fa a la situació actual no es consideren inversions a realitzar any a any, ja que simplement es mantindria la xapa de ferro de la façana A.

En aquest cas, es podrien contemplar com a substitucions els costos de manteniment, el fet però, és que per la millora escollida no són necessaris, ja que no s'utilitza pasta adhesiva per fixar la llana o les làmines de guix, que tendeix més a degradar-se.

Respecte al consum, s'ha generat a partir del consum energètic anual pel preu de l'electricitat estimat, afegint-s'hi la inflació sobre el preu de l'energia any rere any. Pel flux de caixa s'ha restat el total de la proposta del total de la situació actual, desglossant-ho per cada any i finalment s'ha tret el valor de l'acumulat sumant el valor del flux de caixa del mateix any i l'acumulat de l'any anterior.

El gràfic següent Fig. 3.39, mostra l'evolució del flux de caixa i l'acumulat al llarg dels 5 primers anys posteriors a la inversió. Com es pot comprovar a vista, el període de retorn d'aquesta millora és de 4 anys.

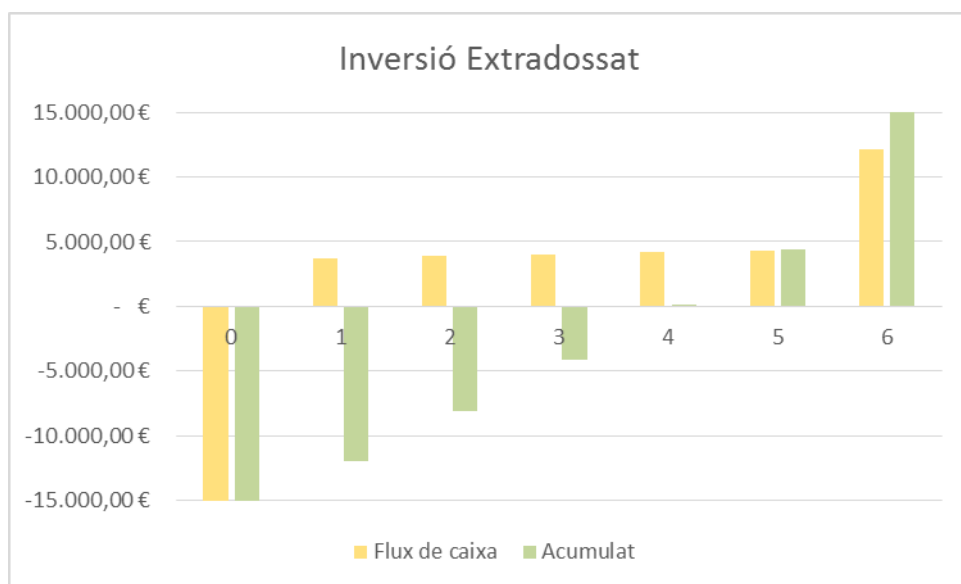


Fig. 3.39. Gràfic representatiu dels fluxos de caixa i el valor acumulat per la implementació de l'extradossat de guix laminat.

A continuació es calculen els valors del VAN i del TIR, com es pot veure a la Fig. 3.40, el VAN és positiu i d'un valor relativament elevat tot i que el TIR mostra un índex no massa alt, el que significa que la nostra inversió és molt rendible però que tardarà més a provocar guanys.

TIR	20%
VAN	5.719,81 €
Payback	4 anys

Fig. 3.40. Taula amb els valors de VAN, TIR i període de retorn de l'extradossat de guix laminat.

### CÀLCUL D'EMISSIONS DE CO<sub>2</sub>

Un factor fonamental a contemplar són les emissions de CO<sub>2</sub>, aquestes venen produïdes per tots els equips de climatització, de il·luminació i en el cas que es produeixi aigua calenta sanitària, també es tindrà en compte.

La certificació energètica de fet, està enfocada principalment a reduir aquest concepte, saber l'estalvi que proporciona la millora considerada respecte la situació actual serà molt important per decidir-se a implementar aquesta proposta. Aquest valor es mostra a la taula de la Fig. 3.41.

	Emissions globals CO <sub>2</sub> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> any]	Estalvi [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> any]
<i>Situació Actual</i>	36,8	
<i>FA + Extradossat</i>	36	0,8

Fig. 3.41. Taula amb els valors agrupats de les emissions de CO<sub>2</sub> i l'estalvi produït.

Amb el CE3X s'han obtingut les dades d'emissions de CO<sub>2</sub> pels indicadors parcials i total, aquest últim es correspon a la suma de tots els parcials, mostrats a continuació.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES					
<div><div>&lt; 13.6 A</div><div>13.6-22.2 B</div><div>22.2-34.1 C</div><div>34.1-44.3 D</div><div>44.3-54.6 E</div><div>54.6-68.2 F</div><div>≥ 68.2 G</div></div>	36.0 D	CALEFACCIÓN		ACS			
		Emisiones calefacción [kgCO2/m² año]	G	Emisiones ACS [kgCO2/m² año]	F		
		22.57		3.99			
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN			
		Emisiones globales [kgCO2/m² año]		Emisiones refrigeración [kgCO2/m² año]	A	Emisiones iluminación [kgCO2/m² año]	B
				1.45		8.22	

Fig. 3.42. Valors d'emissions de CO<sub>2</sub> dels indicadors parcials i global en la simulació de la façana A amb l'extradossat de guix laminat.

### 3.3. Aïllament exterior

#### 3.3.1. Descripció de la situació actual

Pel que fa a la situació actual de les façanes, es correspon exactament a la situació actual explicada a l'apartat 3.2.1, tot i que aquí s'enfocarà la millora des de la part exterior dels murs, les característiques tècniques, la composició constructiva i els valors de transmitància actuals no varien, pel que es passarà a decidir quina és la millor opció de millora a implementar.

#### 3.3.2. Descripció de la millora i zona d'actuació

Donada la limitació de les obres, s'intentarà buscar una proposta que mantingui l'estructura actual i únicament afegeixi un revestiment exterior. Malgrat això, al actuar sobre la cara exterior d'un mur de façana, aquesta sempre requereix bastides i un procediment més complex i exigent a nivell d'acabat i de materials utilitzats, donat que és la part que patirà condicions metrològiques adverses a les que haurà de resistir apart de la seva funció principal com a aïllant.

En aquest cas, s'ha considerat com a millor opció la implementació d'un sistema SATE. Un SATE (Sistema d'Aïllament Tèrmic per l'Exterior) és un sistema compost que s'utilitza per l'aïllament tèrmic de façanes d'edificis. El valor mínim de resistència tèrmica que poden tenir és de  $1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  i són utilitzats tant per nova construcció com per rehabilitació d'edificis. Es classifiquen segons el tipus de fixació utilitzada, el material aïllant, el tipus d'acabat i per l'aplicació. Per tant, és evident que un sistema SATE estarà format per diferents components, provats de forma conjunta per assegurar la compatibilitat del sistema i el millor resultat per la seva aplicació concreta.

Per la selecció del tipus de fixacions i quantitat d'aquestes segons el tipus de materials emprats, s'ha d'efectuar un càlcul estàtic, específic per la ubicació de l'edifici. Considerant les forces del vent que constitueixen la càrrega significativa. Evidentment en aquest projecte no es farà aquest estudi, ja que no s'entrarà en el detall de les fixacions. El que es pretén doncs, és escollir el millor SATE a realitzar per l'ETSEIB i estudiar com afectarà aquest a les condicions de confort tèrmic interior.

La composició del SATE es classifica en cinc nivells, com es veu a la Fig. 3.43, anant del més intern, més pròxim a la façana al més extern. En primer lloc tenim la fixació, que es pot fer mitjançant pastes adhesives, mecànicament amb espigues o perfilaries o mixtes (mecànica sobre el mur i adhesius sobre l'aïllant). A continuació el material usat d'aïllant, que tant pot ser poliestirè expandit, llana mineral, poliuretà conformat, suro expandit,...En tercer lloc, la capa d'armadura, composta per fibra de vidre aprestada i sotmesa a un tractament antialcalí, absorbeix tensions que es puguin generar entre les plaques d'aïllant i millora les característiques mecàniques dels morters de reforç.

Tot seguit, hi ha la capa d'acabat, aquesta serveix per protegir el sistema dels agents externs com la pluja, la radiació solar,...etc. Permetent al vapor d'aigua sortir però impermeabilitzant de l'aigua exterior. També té una funció estètica al ser la última capa. I per últim els accessoris, que poden ser malles d'armadura amb doble reforç per zones d'alt risc d'impactes, malles antivandalisme o cintes expansives de segellat, per fer estancs punts concrets d'ingrés d'aigua.

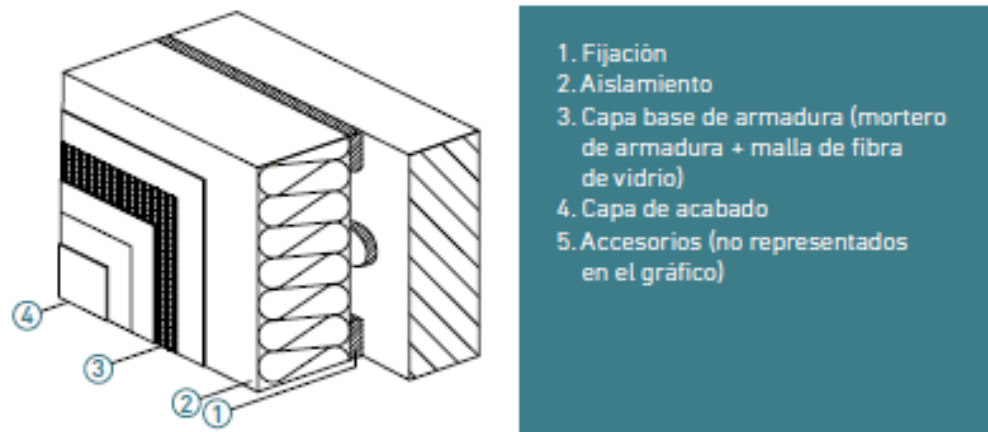


Fig. 3.43. Esquema bàsic d'un sistema SATE a [13]

Alguns dels avantatges de la instal·lació d'un sistema SATE són que no es redueix l'espai habitable interior, i que per tant hi ha menys limitació del gruix del sistema, la seva instal·lació no es produeix dins l'edifici, minimitzant les molèsties pels usuaris causades durant la seva col·locació, redueix el risc de condensacions al ser impermeable a l'aigua i permeable al vapor d'aigua i es subministren de forma íntegra, proporcionant la compatibilitat dels seus components.

Per triar el SATE d'aquest estudi s'ha partit de l'esquema de la Fig. 3.44, i s'ha anat seguint pas a pas. S'ha escollit un sistema base, i s'ha anat caracteritzant segons el gruix i el tipus d'aïllant, la capa d'armadura, l'acabat però no s'ha definit cap accessori, ja que no s'han considerat necessaris. En primer lloc s'ha decidit que l'aïllant es fixarà de manera mixta, com a adhesiu mitjançant morter de ciment i mecànicament amb tacs i suports de niló. L'aïllant utilitzat seran planxes de poliestirè expandit (EPS) de 90 mm de gruix, aquestes aniran folrades amb morter de ciment i una malla de fibra de vidre revestida de PVC i finalment com a acabat exterior s'ha triat un arrebossat amb morter monocapa de ciment d'acabat rugós.

### Esquema del sistema SATE

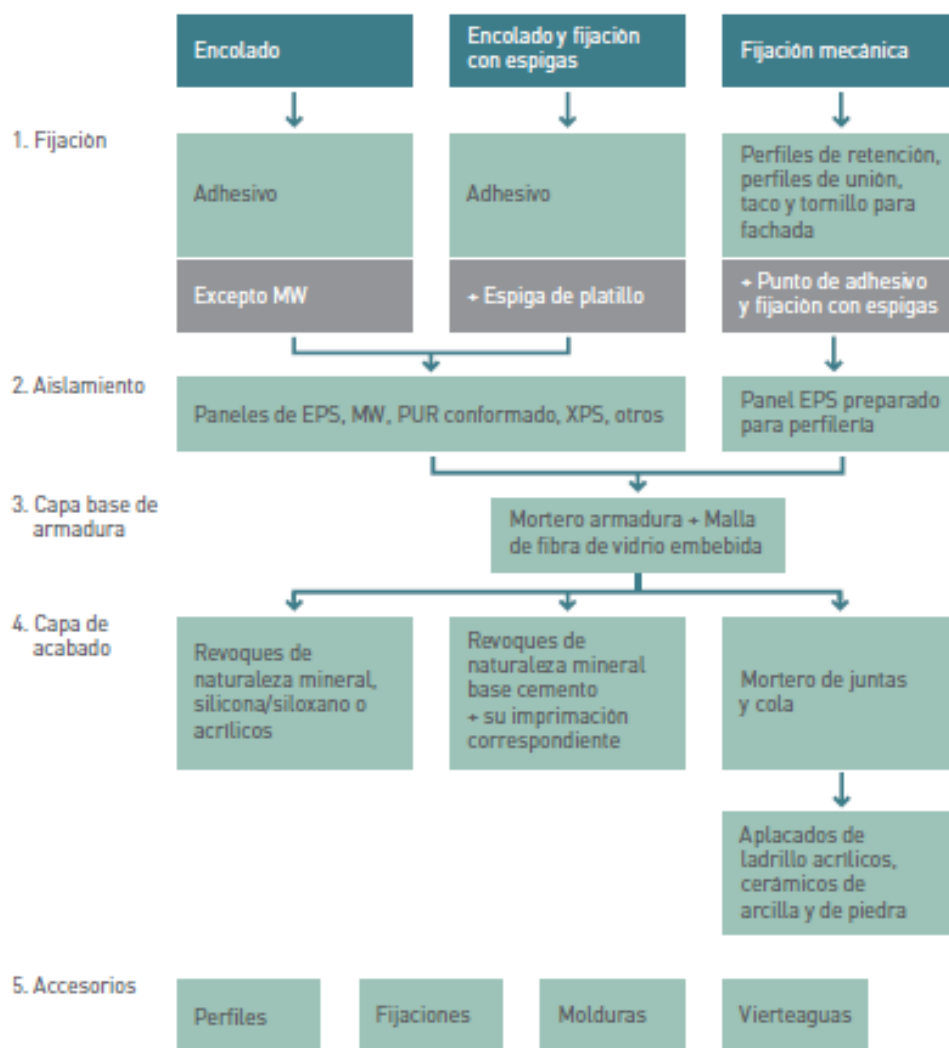


Fig. 3.44. Esquema desglossat del sistema SATE [13].

Pel que fa a la zona d'actuació, s'ha decidit implementar el SATE a tota la façana exterior. El més lògic seria implementar-lo a la façana A, ja que és la que té un valor de transmissió major i conseqüentment les pèrdues més elevades. Tot i això, tant a nivell estètic com tèrmic, els resultats seran més favorables si s'apliquen a tota la façana.



Per saber el valor de la transmitància tèrmica, en aquest cas ha estat més complicat, ja que al ser un SATE comercial però que enlloc es faciliten les dades ni de conductivitat tèrmica ni de resistència tèrmica, s'ha hagut de calcular a mà estimant els valors del gruix de cada material. De la llibreria de tancaments del CE3X s'han tret les conductàncies tèrmiques mostrades a la taula Fig. 3.45, que imposant els gruixos suposats, s'ha pogut conèixer els valors de transmitància de la taula Fig. 3.46. Tant del SATE pel seu compte com combinat amb les composicions de les dues façanes de l'Edifici I de l'ETSEIB.

	Conductància tèrmica $\lambda$ [W/m·K]	Gruix [mm]
<i>Morter ciment</i>	1,3 W/m·K	5 mm
<i>Poliestirè Expandit EPS</i>	0,039 W/m·K	90 mm
<i>Malla fibra de vidre</i>	0,05 W/m·K	2 mm
<i>Arrebossat morter monocapa</i>	0,89 W/m·K	20

Fig. 3.45. Taula amb els valors de conductàncies dels materials que componen el SATE com el gruix estimat per cada un d'ells.

	Transmitància tèrmica $U$ [W/m <sup>2</sup> ·K]
<i>SATE</i>	0,38
<i>Façana A + SATE</i>	0,35 W/m <sup>2</sup> ·K
<i>Façana B + SATE</i>	0,33 W/m <sup>2</sup> ·K

Fig. 3.46. Taula resum que compara les transmitàncies de la façana A i B actuals i amb el SATE incorporat.

### 3.3.3. Estalvi energètic

Com s'ha comentat, aquesta proposta millora es vol incorporar a tota la façana de l'Edifici I. Obtenint així una repercussió major i millors resultats. L'ideal seria, al rehabilitar tota la façana, canviar també la fusteria ja que amb el SATE implementat, la façana juntament amb el SATE sí que podria sostenir una fusteria amb cambres d'aire internes, assolint-se uns paràmetres tèrmics molt més òptims. Tot i això, en l'estudi d'aquest projecte s'ha decidit conservar la façana original i analitzar un a un els punts crítics per saber exactament quin aporta un major estalvi energètic i com es poden combinar entre ells.

Com en totes les millores constructives ja analitzades, a través de la reducció dels valors de transmitància, es vol minvar la demanda de calefacció considerada la més crítica. Amb el SATE implementat es compleixen tots els valors de transmitància de tancaments exteriors per normativa del CTE. Per tant, es procedeix a simular l'edifici modificant les transmitàncies actuals per les esmentades a la taula de la Fig. 3.46. A continuació es mostra una imatge Fig. 3.47 de la façana est de l'Edifici I, on es pot veure clarament la zona d'actuació. En aquest cas, tot el tancament pertany a la façana A.



*Fig. 3.47. Façana est on tant la Planta Baixa com la Planta 1 pertanyen a la façana A. Es pot observar la zona on s'implementaria la millora.*

Un cop feta la simulació de l'edifici amb CE3X, amb els nous valors de transmitància dels diferents tancaments, el programa ens retorna les dades representades a la següent taula de la Fig. 3.48. Com es pot apreciar, amb la reducció del consum global energètic, la qualificació concedida evoluciona d'una D a una C. Aquesta alteració, ve donada en gran part per la disminució del valor de la demanda de calefacció, ja que aquesta és un 22,34% menor que la de la situació actual, passant a ser una variació molt significativa.

	Demanda Calefacció [kWh/m <sup>2</sup> any]	Demanda refrigeració [kWh/m <sup>2</sup> any]	Consum Global [kWh/m <sup>2</sup> any]	Qualificació energètica	Estalvi energètic
<i>Situació Actual</i>	86,2	7,7	196,7	D	
<i>Rehabilitació amb SATE</i>	69,1	8,4	173,2	C	11,95%

Fig. 3.48. Taula comparativa amb les dades de la situació actual i les de la implementació del SATE a tota la façana.

Tot i això, aquesta evolució de la demanda de calefacció, no és suficient ja que se li continua atorgant una G, qualificació molt precària per les dades obtingudes i el progrés fet. A continuació es grafica aquesta evolució respecte la situació actual (Fig. 3.49) on es veu clarament la reducció de la demanda de calefacció donada per l'augment de l'aïllament de l'envolupant de l'edifici. Tanmateix, aquest aïllament que produeix que no s'escapi calor a l'hivern, també ho fa a l'estiu, de manera que tot el calor generat per les fonts internes i que entra a través dels vidres actuals en forma de radiació, també tendeix a restar dins l'edifici a l'estiu, provocant un lleuger augment de la demanda de refrigeració. Aquest augment però, no és significatiu, donat que la qualificació atorgada a la demanda de refrigeració, continua sent una A.

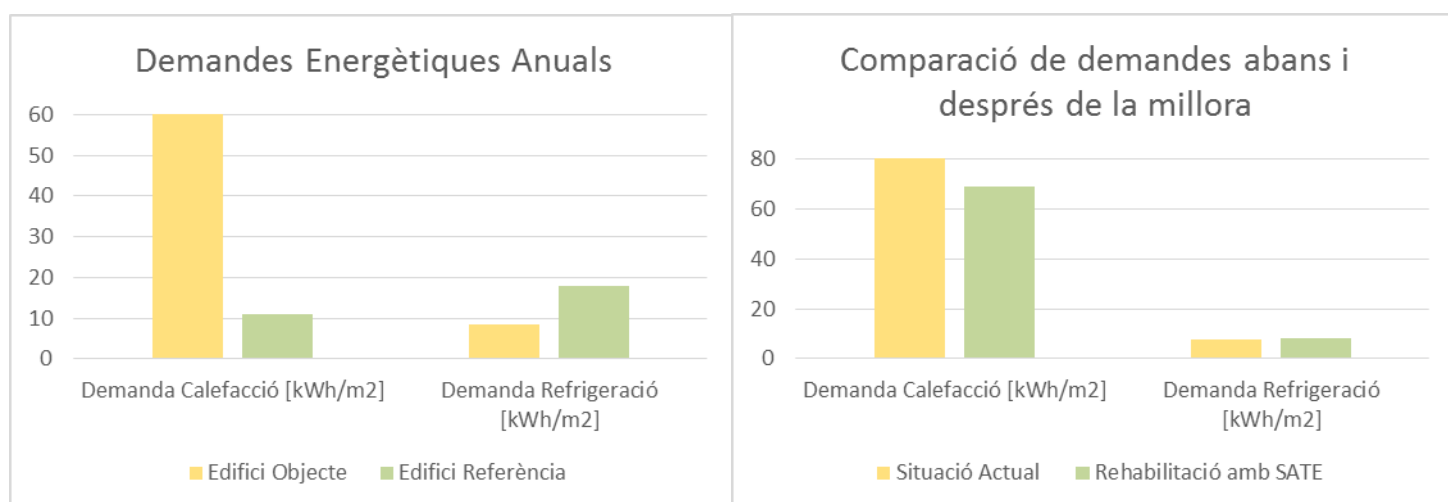


Fig. 3.49 i Fig. 3.50. Gràfics comparatius de les dades de demandes energètiques anuals de calefacció i refrigeració de la proposta de millora respecte les dades de referència i les de la situació actual.

A la Fig. 3.49, s'ha generat el gràfic de comparació de les dades de demanda de la implementació del SATE, amb el barem que produeix el mateix programa equivalent a una B. Aquest gràfic constata que la demanda de calefacció no compleix els objectius de l'HE-0, mentre que la de refrigeració sí.

A continuació, es calcula el consum global anual, juntament amb l'estalvi d'energia que genera la col·locació del SATE.

	Consum Global [kWh/m <sup>2</sup> any]	Consum anual [kWh/any]	Estalvi energètic
<i>Situació Actual</i>	196,7	1138371,745	
<i>Façana+SATE</i>	173,2	1002369,02	136002,725

*Fig. 3.51. Taula amb les dades de consum i estalvi energètic de la simulació amb el SATE implementat a tota la façana de l'edifici*

### 3.3.4. Valoració econòmica

Pel que fa a l'anàlisi econòmic, es procedirà igual que amb els estudis anteriors. En primer lloc es buscaran els preus així com la instal·lació del sistema escollit, però poder crear un pressupost real i la inversió pertanyent. Tot seguit, a partir de les dades de consum energètic actuals i amb el SATE executat s'analitzarà la inversió i es dirà si es viable i rentable.

#### PRESSUPOST

Per saber el preu comercial del SATE escollit, s'ha tornat a recórrer al banc de preus de Bedec [8]. Aquesta vegada però, tot i que ha inclòs altres materials com unes proteccions per les arestes o el ciment exterior per fer l'arrebossat, no ens ha retornat el valor de la mà d'obra per aquesta instal·lació. Per això, s'ha buscat el preu de la mà d'obra intentant estimar-lo amb la màxima precisió, ja que apart de col·locar les plaques, s'haurà de netejar i preparar el suport, preparar les mescles d'adhesiu-ciment, col·locar les fixacions,...

Referent al preu dels materials, s'ha adjuntat la informació trobada a l'Annex VI, els preus de la mà d'obra s'han trobat també per Bedec a partir d'altres instal·lacions semblants. A continuació, es mostra tota la informació trobada, així com la inversió global de la implementació del SATE a la taula següent Fig. 3.52:

	Preu materials (€/m <sup>2</sup> )	Preu mà d'obra (€/m <sup>2</sup> )	Superfície implementació (m <sup>2</sup> )	Inversió (€)
<i>SATE</i>	50,68	11,82	838,67825	<b>52417,3906</b>

*Fig. 3.52. Taula amb el pressupost de la inversió del revestiment exterior, amb el preu dels materials extret de l'Annex VI.*

### ESTUDI DE VIABILITAT ECONÒMICA

Per analitzar la instal·lació del SATE, s'ha considerat el cost energètic consumit amb la composició actual de les façanes com també el que provocaria implementar la proposta de millora explicada. Igual que en els apartats anteriors d'estudis econòmics, els càlculs es basen en els consums energètics, tenint en compte les dues situacions en un període d'estudi de cinc anys. Considerant les dades de les taules Fig. 3.51 i Fig. 3.52, i multiplicant- ho convenientment amb els següents valors, s'ha fet l'estudi de viabilitat mostrat a la taula de la Fig. 3.53:

1. Inflació electricitat: 4%
2. Preu electricitat: 0,146 €/kWh
3. Vida útil d'un SATE: 30 anys

Al no haver-hi costos de manteniment de la façana, ni costos fixos de personal, així com tampoc són elements amb un temps de vida breu i per tant no s'han de canviar en un període curt de temps; només s'ha considerat el cost pagat pel consum elèctric de cada situació, i la inversió inicial calculada.

<i>Actual</i>	0	1	2	3	4	5
<i>Inversió</i>	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<i>Consum</i>	- €	166.202,27 €	172.850,37 €	179.764,38 €	186.954,96 €	194.433,15 €
<i>TOTAL</i>	- €	166.202,27 €	172.850,37 €	179.764,38 €	186.954,96 €	194.433,15 €

<i>Implementació SATE</i>	0	1	2	3	4	5
<i>Inversió</i>	52.417,39 €	- €	- €	- €	- €	- €
<i>Consum</i>	- €	146.345,88 €	152.199,71 €	158.287,70 €	164.619,21 €	171.203,98 €
<i>TOTAL</i>	52.417,39 €	146.345,88 €	152.199,71 €	158.287,70 €	164.619,21 €	171.203,98 €

<i>Flux de caixa</i>	- 52.417,39 €	19.856,40 €	20.650,65 €	21.476,68 €	22.335,75 €	23.229,18 €
<i>Acumulat</i>	- 52.417,39 €	- 32.560,99 €	- 11.910,34 €	9.566,34 €	31.902,09 €	55.131,27 €

Fig. 3.53. Taula amb el càlcul de viabilitat econòmica per la implementació del SATE.

L'estudi de viabilitat s'ha calculat seguint els mateixos criteris que en els casos anteriors, considerant la inversió calculada per la instal·lació del SATE a l'any inicial i els consums elèctrics en cada cas. D'aquesta manera s'ha pogut treure el flux de tresoreria, restant el valor total de la millora proposada del valor total de la situació actual, amb aquestes dades del flux de caixa anual, s'han pogut treure el VAN i el TIR mostrats a la Fig. 3.55.

Finalment per saber el període de retorn, s'ha calculat el valor acumulat. Aquest surt del flux de caixa de l'any actual més l'acumulat de l'any anterior. Al gràfic següent de la Fig. 3.54 podem observar que el període de retorn és de 3 anys, un valor prou raonable per tenir en compte la inversió. A més, al resultar el VAN positiu, concloem la proposta de millora com a rentable.

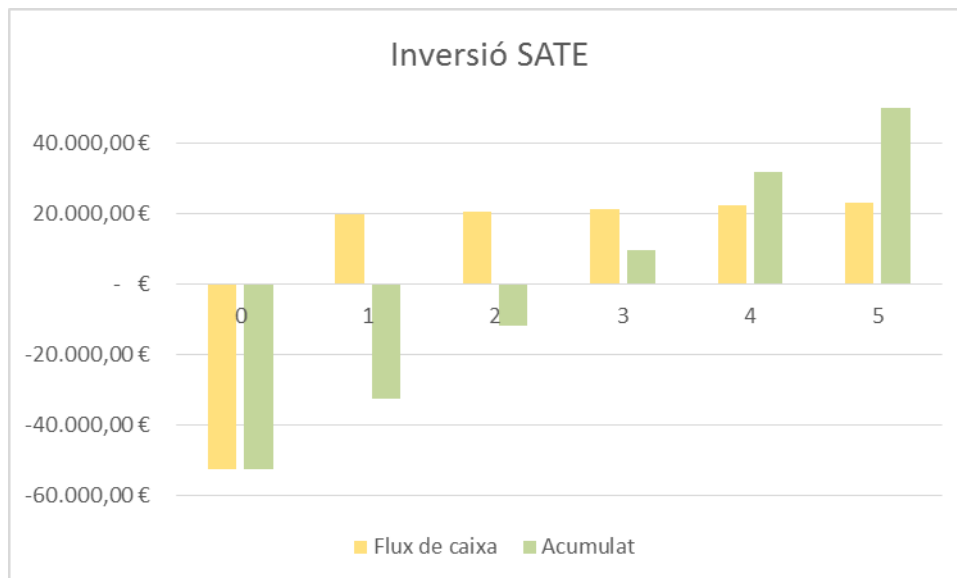


Fig. 3.54. Gràfic representatiu dels fluxos de caixa i el valor acumulat per la implementació de l'extradossat de guix laminat.

TIR	29%
VAN	25.923,08 €
Payback	3 anys

Fig. 3.55. Taula amb els valors de VAN, TIR i període de retorn de l'extradossat de guix laminat

### CÀLCUL D'EMISSIONS DE CO<sub>2</sub>

Pel que fa a les emissions de CO<sub>2</sub>, s'analitzaran les dades extretes a partir dels resultats retornats pel programa CE3X. Tot i haver millorat molt el valor de les emissions de calefacció, sent un 19,74% menor, se li continu atorgant una G, com passava en el cas de la demanda de calefacció. Tot i això, el valor global d'emissions, s'ha reduït en 4,5 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·any, sent una variació significativa, ja que canvia la lletra de l'etiqueta, acostant-nos més a l'objectiu del projecte.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES					
<div><div>&lt; 13.1 A</div><div>13.1-21.2 B</div><div>21.2-32.7 C</div><div>32.7-42.5 D</div><div>42.5-52.3 E</div><div>52.3-65.3 F</div><div>≥ 65.3 G</div></div>	<div>32.3 C</div>	CALEFACCIÓN		ACS			
		Emisiones calefacción [kgCO2/m² año]	G	Emisiones ACS [kgCO2/m² año]	F		
		18.78		3.99			
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN			
		Emisiones globales [kgCO2/m² año]		Emisiones refrigeración [kgCO2/m² año]	A	Emisiones iluminación [kgCO2/m² año]	B
				1.57		8.22	

Fig. 3.56. Valors d'emissions de CO<sub>2</sub> dels indicadors parcials i global en la simulació de la façana actual amb la implementació del SATE.

	Emissions globals CO <sub>2</sub> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> any]	Estalvi [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> any]
Situació Actual	36,8	
Rehabilitació SATE	32,3	4,5

Fig. 3.57. Taula amb els valors agrupats de les emissions de CO<sub>2</sub> i l'estalvi produït.





## 4. PROPOSTES D'INSTAL·LACIONS

### 4.1. Enllumenat

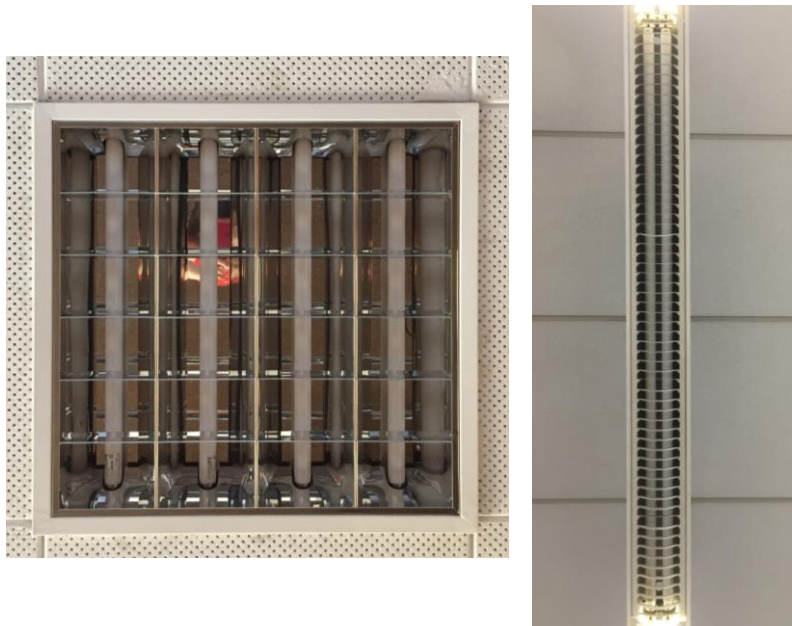
#### 4.1.1. Descripció de la situació actual

La informació rebuda referent a l'enllumenat ha estat molt insuficient cara a aplicar una millora, de manera que s'ha fet un inventari aproximat de les llums actuals i la seva quantitat. Tanmateix, només s'ha comptabilitzat els tubs de fluorescents, ja que tot i que també hi ha altres tipus d'enllumenat s'ha acotat la millora al canvi dels fluorescents.

La majoria de fluorescents formen part de pantalles de 4 o 2 tubs i són de 18W o 36W de potència amb reactància electromagnètica. Aquesta reactància incrementa entre 10 i 15 W la potència de les pantalles, en aquest cas, es faran els càlculs amb reactàncies de 13W de consum. Com que l'únic que se sap, és que els fluorescents són marca Impelec, i aquesta ja no fabrica i no té les fitxes tècniques dels seus productes a disposició; es buscaran productes semblants per fer les comparacions pertanyents de consum de potència i estudi econòmic.

Els equips instal·lats actualment es poden agrupar en quatre tipus de pantalles segons la seva situació, amb fluorescents de 18W o de 36W: fluorescents de 1x36W, pantalles de 2x36W, de 4x36W o de 4x18W.

Per calcular la potència consumida, se sumarà la potència d'una reactància per cada pantalla, és a dir, per la pantalla de 1x36W, es consumiran  $1 \times 36W + 13W = 49W$ . Per les 2x36W el consum serà de  $2 \times 36W + 13W = 85W$ , per les de 4x36W, equivaldrà a  $4 \times 36W + 13W = 157W$  i per últim per les pantalles de 4x18W tindrem  $4 \times 18W + 13W = 85W$ . De manera que les reactàncies augmenten considerablement el consum de potència dels fluorescents.



*Fig. 4.1. Imatge de les pantalles de fluorescents de l'Edifici I. A l'esquerre una pantalla de 4x18W i a la dreta una de 2x36W.*

#### **4.1.2. Descripció de la millora**

La present proposta inclou la substitució dels fluorescents de tot l'Edifici I, ja que al estar classificats en quatre tipus de pantalles, dóna una fàcil resolució i millora del consum de potència.

La proposta de millora que s'exposa en aquest apartat és la substitució dels tubs fluorescents que hi ha instal·lats actualment per tubs de tecnologia LED, comportant avantatges respecte la vida útil del tub i la potència consumida.

Els tubs LED a diferència dels fluorescents, no necessiten reactància ni cebador, tenen menys tendència a la ruptura ja que estan fets amb PVC i no de vidre com els fluorescents i tenen una vida útil molt superior.

Així mateix, els LED's acostumen a tenir una capacitat lumínica bastant superior a la dels fluorescents, tot depèn de la potència consumida. Si estudiem l'eficàcia lumínica d'aquests dos tipus d'enllumenat a la mateixa potència; obtenim per exemple, que un tub fluorescent de 18W i un flux nominal de 1350 Lm, té una eficàcia de 75 Lm/W, mentre que un tub LED de la mateixa potència amb un flux lumínic nominal de 2000 Lm, proporciona una eficàcia de 111,11 Lm/W. Tot i que aquestes dades depenen del producte i la marca triats, es veu clarament que l'eficàcia, així com el flux lumínic, són majors en els LED's, pràcticament un 50% més.

Un altre aspecte a considerar és que quan encenem un LED, aquest ens retorna la totalitat del flux lumínic a l'instant, mentre que un fluorescent necessita un cert temps per oferir el 100% del seu flux. A més, tots dos pateixen una degradació del flux lumínic durant la seva vida útil, però al tenir qualitats diferents, el nivell de pèrdua en els fluorescents és d'entre 7 i 15 vegades superior que en el cas dels LED's. (Dades extretes de la referència [14]).

És per això que l'equivalència recomanada de tubs fluorescents a igual energia lumínica emesa siguin tubs LED's de meitat de potència. En el nostre cas, es substituiran els tubs florescents de 36W per tubs LED de 18W del model LEDtube 1200mm HO 18W 840 T8, i els de 18W per tubs LED de 9W, del model MAS LEDtube 600mm 9W 840 T8 RS, les dades dels quals es troben adjuntes a l'Annex V. Aportant una reducció de potència de més d'un 50% donada la reactància dels fluorescents.

#### **4.1.3. Estalvi energètic**

Tenint en compte la potència de les reactàncies, com s'ha comentat abans la potència instal·lada actualment amb els fluorescents depèn de cada tipus de pantalles. Les de 4x18W, es una pantalla formada per 4 tubs de 18W cada un, amb un potència total consumida per pantalla de 85W. Si calculem la potència que tindríem si substituïssim aquests quatre tubs per tubs LED de 9W, la potència total per pantalla seria de 36W. Aportant una reducció de potència de 49W.

Amb les pantalles formades per tubs fluorescents de 36W, es substituirien per tubs LED de 18W. En el cas dels fluorescents de 1x36W, consumeixen una potència de 49W i per tant la reducció serà 31W, contant amb la substitució d'un únic tub fluorescent. En les pantalles de 2x36W, el consum és de 85, aportant una reducció de 49W i per últim les pantalles de 4x36W consumeixen 157W, el canvi per tant reduirà aquesta potència en 85W.

A continuació, a la taula de la Fig. 4.2, s'han calculat els consums anuals considerant únicament l'enllumenat de tot l'Edifici I, és a dir, no s'ha fet amb la simulació de tot l'edifici amb CE3X ja que no dóna resultats tant concrets en el cas de la il·luminació, tot i això es farà a posteriori. Pel que fa a les hores de servei, s'han considerat 12 hores diàries, dels 5 dies lectius de la setmana, durant 48 setmanes l'any. De les 52 setmanes anuals s'han restat les 4 de l'Agost. Aquest càlcul d'hores és aproximat, ja que hi ha caps de setmanes que l'escola obre en èpoques d'exàmens, però també hi ha dies no lectius que no s'han tingut en compte.

<b>Situació Actual</b>	<b>Nombre pantalles</b>	<b>Potència pantalla (W)</b>	<b>Potència total (kW)</b>	<b>Hores</b>	<b>CONSUM (kWh)</b>
<i>Pantalles 1x36W</i>	157	49	7,693	2880	22155,84
<i>Pantalles 2x36W</i>	132	85	11,22	2880	32313,6
<i>Pantalles 4x36W</i>	70	157	10,99	2880	31651,2
<i>Pantalles 4x18W</i>	213	85	18,105	2880	52142,4
<b>TOTAL</b>			<b>48,008</b>		<b>138263,04</b>
<b>Proposta</b>	<b>Nombre</b>	<b>Potència (W)</b>	<b>Potència total (kW)</b>	<b>Hores</b>	<b>CONSUM (kWh)</b>
<i>Tub LED 9W</i>	852	9	7,668	2880	22083,84
<i>Tub LED 18W</i>	701	18	12,618	2880	36339,84
<b>TOTAL</b>					<b>58423,68</b>
<b>ESTALVI</b>					<b>79839,36</b>

Fig. 4.2. Taula amb el càlcul de l'estalvi energètic amb la substitució de fluorescents per tubs LED.

Com es pot observar, la reducció de consum energètic anual aplicant aquesta proposta és de 79839 kWh/any. El que suposa una reducció del 57,74% del consum anual.

#### 4.1.4. Valoració econòmica

##### PRESSUPOST

Donat que els fluorescents instal·lats ja no es fabriquen perquè la marca proveïdora s'ha extingit, es buscarà una similitud de l'enllumenat actual per poder utilitzar-lo a l'estudi de viabilitat dins dels costos de substitució. Aquests fluorescents han de ser al més semblants possible als actuals, de manera que s'ha pres el fluorescent amb referència MASTER TL-D Super 80 18W/840 1SL/25 de la marca Philips pels fluorescents de 18W i el fluorescent amb referència MASTER TL-D Super 80 36W/840 1SL/25 també Philips pel de 36W, les fitxes tècniques dels quals es troben adjuntes a l'Annex V. La substitució d'aquests tubs, es realitzaria per tubs LED de 9W i 18W com s'ha explicat quan s'ha descrit la millora.

A continuació, a través de les taules Fig. 4.3 i Fig. 4.4, es mostren els pressuposts de canvi de tots els fluorescents presents a l'edifici objecte i el d'instal·lació dels tubs LED. Incloent el preu de la mà d'obra i del material necessari per fer la substitució.

<b>Situació actual</b>	<b>Referència</b>	<b>Fabricant</b>	<b>Unitats</b>	<b>Preu (€/un)</b>	<b>Total</b>
<i>Fluorescents 18W</i>	MASTER TL-D 18W/840	Philips	852	4,07 €	3.467,64 €
<i>Fluorescents 36W</i>	MASTER TL-D 36W/841	Philips	701	4,13 €	2.895,13 €
<i>Instal·lació-mà d'obra</i>			310,6	25,00 €	7.765,00 €
<b>TOTAL</b>					<b>14.127,77 €</b>

Fig. 4.3. Taula amb el pressupost dels equips actuals.

<b>Proposta de substitució</b>	<b>Referència</b>	<b>Fabricant</b>	<b>Unitats</b>	<b>Preu (€/un)</b>	<b>Total</b>
<i>Tub LED 9W</i>	MAS LEDtube 600mm 9W840	Philips	852	14,65 €	12.481,80 €
<i>Tub LED 18W</i>	MAS LEDtube 1200mm 18W840	Philips	701	23,95 €	16.788,95 €
<i>Instal·lació-mà d'obra</i>			776,5	25,00 €	19.412,50 €
<b>TOTAL</b>					<b>48.683,25 €</b>

Fig. 4.4. Taula amb el pressupost dels tubs LED.

ESTUDI DE VIABILITAT ECONÒMICA

Pel càlcul de viabilitat econòmica, s'ha valorat per una banda continuar amb els equips actuals, i per l'altra fer la substitució dels fluorescents pels tubs LED. Per poder procedir en aquest càlcul s'han utilitzat les següents dades:

1. Inflació general: 2%
2. Inflació electricitat: 4%
3. Preu electricitat: 0,146 €/kWh
4. Vida útil fluorescents: 10.500 hores
5. Vida útil LED's: 50.000 hores

A la següent taula de la Fig. 4.5 es mostren en detall els fluxos de caixa en un període de 8 anys.

<i>Situació Actual</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Inversió</i>	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<i>Substitució</i>	- €	- €	- €	- €	14.993 €	- €	- €	- €	16.228 €
<i>Consum</i>	- €	20.186 €	20.994 €	21.834 €	22.707 €	23.615 €	24.560 €	25.542 €	26.564 €
<b>TOTAL</b>	- €	20.186 €	20.994 €	21.834 €	37.699 €	23.615 €	24.560 €	25.542 €	42.792 €
<i>Proposta</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Inversió</i>	48.683 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<i>Substitució</i>	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<i>Consum</i>	- €	8.530 €	8.871 €	9.226 €	9.595 €	9.979 €	10.378 €	10.793 €	11.225 €
<b>TOTAL</b>	48.683 €	8.530 €	8.871 €	9.226 €	9.595 €	9.979 €	10.378 €	10.793 €	11.225 €
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Flux de caixa</b>	- 48.683 €	11.657 €	12.123 €	12.608 €	28.105 €	13.637 €	14.182 €	14.749 €	31.568 €
<b>Acumulat</b>	- 48.683 €	- 37.027 €	- 24.904 €	- 12.296 €	15.808 €	29.445 €	43.627 €	58.376 €	89.944 €

Fig. 4.5. Taula amb el càlcul de viabilitat econòmica per la implementació de tubs LED.

Com a inversions només s'han tingut en compte en la proposta de millora, duta a terme a l'any inicial i equivalent al càlcul fet a la Fig. 4.4 de l'apartat de pressupost.

Pel que fa a la substitució, s'ha realitzat en funció del temps de vida de cada equip, en el cas dels tubs LED no ha fet falta ja que la seva vida útil és major que el període d'hores estudiat; respecte al fluorescents però, s'han de canviar cada 10.500 hores, fent referència als anys 4 i 8, i s'aplica una inflació any a any corresponent al 2%, per actualitzar el preu dels components a substituir.

El consum, igual que en els casos anteriors, s'ha fet a partir del consum energètic i s'hi ha aplicat una inflació del preu de l'energia anual.

El resultats importants a tenir en compte són el flux de caixa i el valor acumulat, que es calculen exactament igual que anteriorment. A continuació, s'ha graficat les dades retornades per aquests dos conceptes durant un període de 8 anys. Amb aquest gràfic es pot observar que el període de retorn de la inversió d'implementar els LED's és de 4 anys.

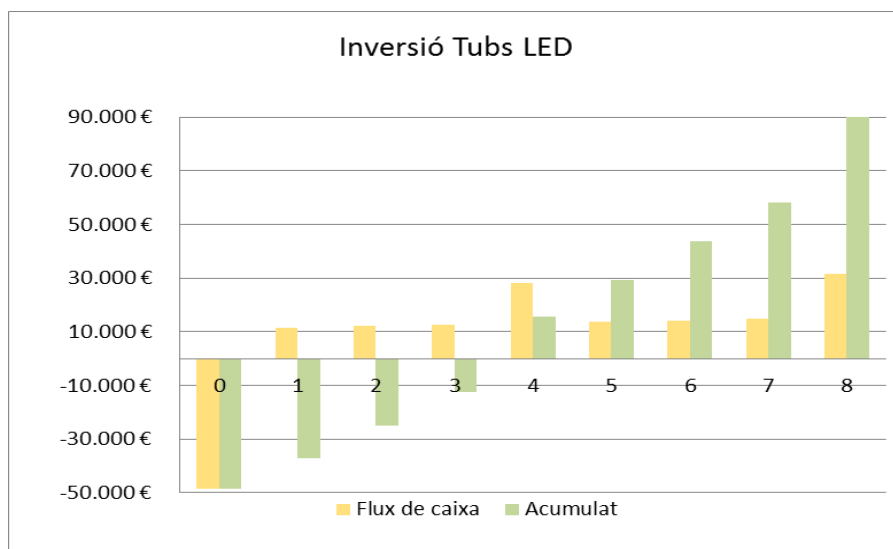


Fig. 4.6. Gràfic representatiu dels fluxos de caixa i el valor acumulat per la implementació dels tubs LED.

Amb el flux de caixa, s'obté també el valor del TIR i el VAN, mostrats a continuació a la taula de la Fig. 4.7.

TIR	27%
VAN	35.789 €
Payback	4 anys

Fig. 4.7. Taula amb els valors de VAN, TIR i període de retorn de la inversió de LED's.

CÀLCUL D'EMISSIONS DE CO<sub>2</sub>

En aquest cas, que s'ha fet tot l'estudi econòmic sense el consum que retorna la simulació del CE3X, es podria també fer l'anàlisi d'emissions de CO<sub>2</sub> amb un factor de conversió del consum energètic a emissions de CO<sub>2</sub>, sent de 0,34 kgCO<sub>2</sub>/kWh. Tot i això, tenint el programa a l'abast i tota la certificació feta, és més lògic comparar les emissions produïdes abans i després de la simulació, tot i que el programa en el cas de la il·luminació no sigui molt precís.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
<div><div>&lt; 13.6 A</div><div>13.6-22.1 B</div><div>22.1-34.0 C</div><div>34.0-44.3 D</div><div>44.3-54.5 E</div><div>54.5-68.1 F</div><div>≥ 68.1 G</div></div>	35.6 D	CALEFACCIÓN		ACS	
<div>Emisiones calefacción [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</div>		G	<div>Emisiones ACS [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</div>	F	
23.93			3.99		
REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN			
<div>Emisiones globales [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</div>		<div>Emisiones refrigeración [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</div>	A	<div>Emisiones iluminación [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</div>	A
		1.28		6.69	

Fig. 4.8. Valors d'emissions de CO<sub>2</sub> dels indicadors parcials i global en la simulació tubs LED lineals.

A la imatge anterior de la Fig. 4.8 es poden observar tant les emissions produïdes pels indicadors parcials, com les dels indicadors globals. I a continuació, a la Fig. 4.9 s'ha realitzat la taula comparativa amb les dades d'emissions segons els equips d'il·luminació usats, en una primera instància hi ha les emissions amb els fluorescents instal·lats, i en segon lloc implementant els LED's, tot seguit de l'estalvi produït.

	Emisiones globales CO <sub>2</sub> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> any]	Estalvi [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> any]
Fluorescents actuals	36,8	
Substitució LED's	35,6	1,2

Fig. 4.9. Taula amb els valors agrupats de les emissions de CO<sub>2</sub> i l'estalvi produït.

## 4.2. Panells fotovoltaics

### 4.2.1. Descripció de la situació actual

El projecte instal·lat recentment a l'ETSEIB, tracta del subministrament energètic per la zona d'estudi individual de la biblioteca. La instal·lació està composta per un grup generador format per uns panells fotovoltaics, un inversor solar híbrid (amb regulador de càrrega integrat), unes bateries de plom i un sistema analitzador de xarxes amb software de control i monitorització. Donat que no s'ha tingut accés al projecte BISOL, que és el que es va realitzar per implementar els panells, es prendran dades de les referències [15] i [16], projectes que s'han fet abans de que es dugués a terme la instal·lació, com a estudi d'aquesta i a posteriori de la instal·lació, on s'ha analitzat exhaustivament tot el que s'ha utilitzat.

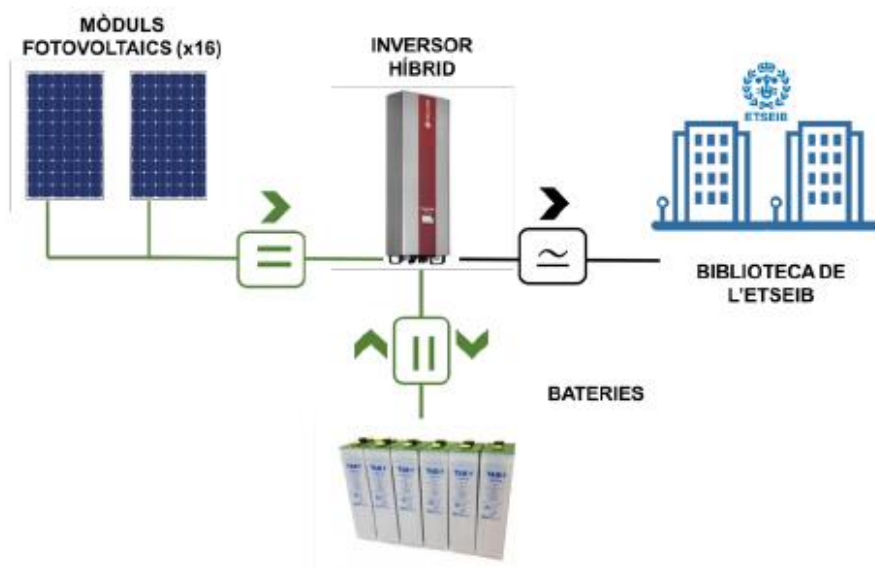


Fig. 4.10. Esquema representatiu de la instal·lació fotovoltaica, extret de la referència [16].

Aquesta instal·lació compta amb 16 panells fotovoltaics situats a la coberta de la biblioteca de l'ETSEIB, representat a la Fig. 4.11. Una bona zona quan a proximitat del seu ús, el que provoca que no s'hagi de malgastar gaire conductor per fer arribar l'electricitat a la biblioteca.





*Fig. 4.11. Imatge aèria de la ubicació on es troben instal·lats els panells.*

Pel que fa instal·lació proporciona 4kW de potència de generació i un dia d'autonomia. L'energia s'emmagatzema en bateries de plom i s'usa un inversor solar híbrid. Els panells són de la marca VikramSolar (model ELDORA VSP.60.255.03) i tenen unes dimensions de 1640x992x40 mm, fitxa tècnica adjunta a l'Annex V. Per tal d'interconnectar els diferents panells es fa ús d'uns connectors de la família TYCO, soldant el connector superior (negatiu) d'un panell amb el connector inferior (positiu) del panell següent. Després de realitzar els estudis pertinents es va decidir distribuir els mòduls en 4 files diferents formades per 4 panells cadascuna, separats a 2,5 m respecte les altres, a continuació s'adjunta una imatge Fig. 4.12 per veure-ho gràficament.



*Fig. 4.12. Fotografia dels panells instal·lats.*

A l'anàlisi teòric, es va analitzar quins havien de ser els angles fixes per optimitzar al màxim la radiació solar rebuda, els panells han d'estar mirant l'equador, és a dir  $0^\circ$  respecte el sud i  $60^\circ$  d'angle d'inclinació respecte el terra, això es mostra a la taula següent Fig. 4.13.

Paràmetre	Valor ( $^\circ$ )
$\alpha$	0
$\beta$	60

Fig. 4.13. Paràmetres  $\alpha$  i  $\beta$  de la instal·lació actual.

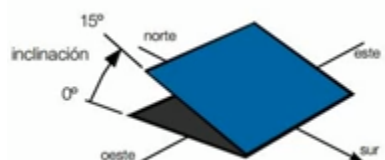


Fig. 4.14. Esquema gràfic dels angles i inclinacions d'un panell fotovoltaic per fer més entenedora la taula Fig. 4.13.

Tot seguit es mostra el sistema en detall, la informació del qual s'ha tret de la referència [16]. Mitjançant un cablejat de coure distribuït en quatre línies corresponents a cada fila de panells es condueix el flux fins a una caixa de proteccions de 24 V. Aquests cables estan protegits per un tub tipus SAPA PVC per tal d'evitar el seu deteriorament [17]. Mitjançant una sèrie de fusibles i interruptors la caixa de proteccions aïlla la resta del sistema de possibles sobretensions i de corrents desmesurats. A més a més està connectada a terra per tal de garantir la seguretat del sistema.

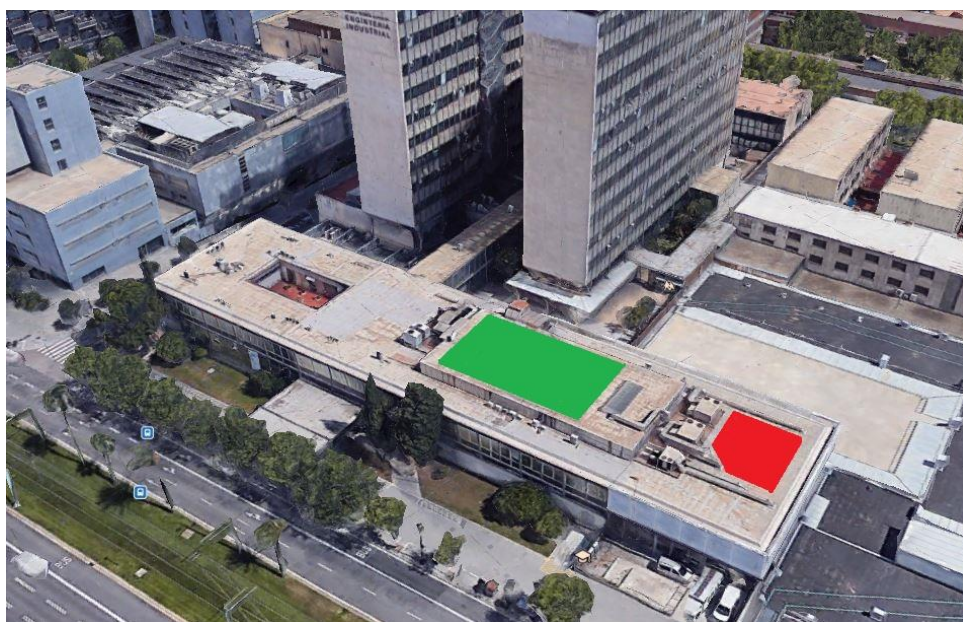
A continuació, també a través de cables de coure, es connecta la caixa de proteccions a l'inversor, que en aquest cas, porta integrat el regulador de càrrega. Es tracta d'un inversor híbrid solar de la marca Circutor (*CirPower Hybrid*), dissenyat especialment per a instal·lacions fotovoltaïques d'autoconsum el qual incorpora un regulador de càrrega MPPT (seguidor del punt de màxima potència). Disposa de dues sortides CA: la primera, per a connectar càrregues assegurades que s'encarregaran de mantenir la seva alimentació fins i tot en el cas que el subministrament elèctric es vegi interromput; la segona per a connectar la càrrega a consumir (fitxa tècnica adjunta a l'Annex V).

L'inversor està connectat a les bateries mitjançant el mateix tipus de cablejat i aquestes també poden ser aïllades de la resta del sistema mitjançant els interruptors de la caixa de proteccions. Les bateries són de plom, estacionaries i de baix manteniment de la marca *Vesna Solar*, concretament el model TOPzS. En total, proporcionen una capacitat d'energia emmagatzemada de 21,8 kWh. Aquestes bateries estan especialment dissenyades per instal·lacions fotovoltaïques aïllades donat que estan dotades d'una descarrega baixa. Les especificacions tècniques d'aquestes es mostren a l'Annex V.

Amb el mateix tipus de cablejat, es condueix el corrent altern des del inversor fins a la primera caixa de proteccions de 24 V. Aquesta caixa, la qual està connectada a terra, protegeix el costat altern de sobretensions a través de diferents interruptors magnetotèrmics i impedàncies. A continuació d'aquesta caixa es connecta una altra caixa de proteccions de voltatge més elevat (36 V) la qual, a través de tres contactors, divideix el corrent en tres línies i el transporta fins els endolls mitjançant els canals UNEX 73. Cada línia alimenta el mateix volum d'endolls, essent 66 endolls el total.

#### 4.2.2. Descripció de la millora

Cara a l'increment de la generació d'energia mitjançant plaques fotovoltaiques, es pretén implementar més plaques del mateix model i de la mateixa marca en funció de l'àrea disponible. Aquests, es volen instal·lar a la coberta del fons antic de la biblioteca, donat que és una zona molt semblant a la ubicació actual de les plaques fotovoltaiques, i per tant amb unes hores de sol i generació d'energia pràcticament iguals. A la Fig. 4.15, es mostra una imatge presa amb Google Earth de la ubicació proposada on es volen implementar més mòduls fotovoltaiques mostrada en verd, i la ubicació actual en vermell.



*Fig. 4.15. Imatge aèria d'ETSEIB presa des del nord oest, on es mostren la ubicació actual dels panells i la proposada en verd.*

En aquesta ubicació proposada, al ser major que la ubicació actual, hi cabrien el doble de mòduls dels actuals, de manera que la proposta inclou la implementació de 32 mòduls ELDORA VSP.60.255.03, de VikramSolar. Les dades tècniques d'aquests mòduls es troben adjuntes a l'Annex V.



### 4.2.3. Estalvi energètic

Tenint en compte la proposta descrita, amb els 32 mòduls implementats i els 16 actuals, es tindria un total de 48 panells fotovoltaics, amb una potència de generació de 255W cada un. Això ens dóna els valors d'energia generada mostrats a la taula següent Fig. 4.16, així com la generada per autoconsum.

	Nombre de panells	Potència generada [kW]	Energia autoconsum [kWh/any]
<i>Situació Actual</i>	16	4,08	4896
<i>Actual+proposta</i>	48	12,24	14688

Fig. 4.16. Energia generada actualment i amb la proposta implementada.

Amb aquests càlculs, es veu que aquesta proposta genera 9792 kWh/any més d'energia. Si aquestes dades s'entren al CE3X per simular altre cop l'edifici amb aquests 32 panells fotovoltaics de més, ens retorna que l'estalvi energètic és de 1,7% , com es mostra a la taula següent de la Fig. 4.17.:

	Consum Global [kWh/m <sup>2</sup> ·any]	Consum anual [kWh/any]	Qualificació energètica	Estalvi energètic
<i>Situació Actual</i>	196,7	1138371,75	D	
<i>Actual+Proposta</i>	193,4	1119273,49	D	19098,26

Fig. 4.17. Taula comparativa amb les dades de la situació actual i la implementació de 32 panells més.

### 4.2.4. Valoració econòmica

#### PRESSUPOST

El pressupost, és complicat d'estimar, ja que al no tenir els components de la instal·lació ni els cost d'aquests s'ha estimat a partir del projecte [15], donat que tracta de la implementació d'aquesta mateixa planta. Tot i això s'ha hagut d'adequar a la situació, ja que els inversors tenen una capacitat màxima de 4250W, al generar 12240W, en faran falta 3, dos nous a comprar, tot i això aquest inversor ja inclou els magnetotèrmics.

El pressupost de la implementació de 32 panells més, queda desglossat a la taula següent  
Fig. 4.18:

<i><b>Component</b></i>	<i><b>Quantitat</b></i>	<i><b>Preu unitari (€/un)</b></i>	<i><b>Preu total (€)</b></i>
<i>Panells</i>	32	268,3	8585,6
<i>Bateries</i>	6	4925	29550
<i>Reguladors</i>	5	1425	7125
<i>Cable 2,5 mm<sup>2</sup></i>	600	1,17	702
<i>Cable 10 mm<sup>2</sup></i>	45	1,01	45,45
<i>Cable 25 mm<sup>2</sup></i>	15	4,28	64,2
<i>Tub SAPA 20 mm<sup>2</sup></i>	20	1,42	28,4
<i>Caixa proteccions 24 V</i>	1	215	215
<i>Inversor</i>	2	1500	3000
<i>Fusible</i>	10	8,86	88,6
<i>Descarregador V25-B+C</i>	10	87,66	876,6
<i>Diferencial 80A 30mA</i>	1	3822,45	3822,45
<i>Sistema gestió càrregues</i>	1	3000	3000
<b>Total material</b>			<b>57103,3</b>
<b>Cost mà d'obra</b>			<b>4898,31</b>
<b>Cost instal·lació</b>			<b>62001,61</b>

Fig. 4.18. Taula amb el pressupost d'instal·lar 32 panells més.

#### ESTUDI DE VIABILITAT ECONÒMICA

A continuació s'ha fet l'estudi de viabilitat econòmica mitjançant el pressupost calculat anteriorment, els valors de consum energètic que dona tant la situació actual com la proposta feta, aquests multiplicats en cada cas pel valor de l'electricitat i una inflació anual del 4%. Per fer aquests càlculs s'han tingut en compte les dades següents:

1. Inflació general: 2%
2. Inflació electricitat: 4%
3. Preu electricitat: 0,146 €/kWh
4. Vida útil panells fotovoltaics: 25 anys

Pel càlcul de viabilitat econòmica, s'ha considerat un període de 8 anys, aquest període és menor que la vida útil dels panells, així doncs no s'ha contemplat la substitució d'aquests. A la Fig. 4.19 es mostra aquest estudi.

<i>Actual</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Inversió</i>	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<i>Consum</i>	- €	166.202 €	172.850 €	179.764 €	186.955 €	194.433 €	202.210 €	210.299 €	218.711 €
<i>TOTAL</i>	- €	166.202 €	172.850 €	179.764 €	186.955 €	194.433 €	202.210 €	210.299 €	218.711 €
<i>Proposta</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Inversió</i>	62.002 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<i>Consum</i>	- €	163.414 €	166.682 €	170.016 €	173.416 €	176.884 €	180.422 €	184.031 €	187.711 €
<i>TOTAL</i>	62.002 €	163.414 €	166.682 €	170.016 €	173.416 €	176.884 €	180.422 €	184.031 €	187.711 €
<i>Flux de caixa</i>	- 62.002 €	2.788 €	6.168 €	9.749 €	13.539 €	17.549 €	21.788 €	26.268 €	31.000 €
<i>Acumulat</i>	- 62.002 €	- 59.213 €	- 53.045 €	- 43.297 €	- 29.758 €	- 12.209 €	9.579 €	35.847 €	66.847 €

Fig. 4.19. Taula amb el càlcul de viabilitat econòmica per la implementació de 32 panells fotovoltaics.

Com es pot observar, s'ha tingut en compte una única inversió corresponent a la implementació de la proposta explicada. Pel que fa als altres termes s'han calculat exactament igual que en les propostes anteriors.

Per veure clarament el període de retorn d'aquesta inversió, s'ha graficat el flux de caixa i el seu valor acumulat. Amb aquest, observem a la Fig. 4.20 que els dos seran positius a partir de sisè any. I a continuació, a partir del VAN i el TIR calculats a la Fig. 4.21 s'ha mirat la rendibilitat de la inversió, aquesta al resultar un VAN positiu, és viable.

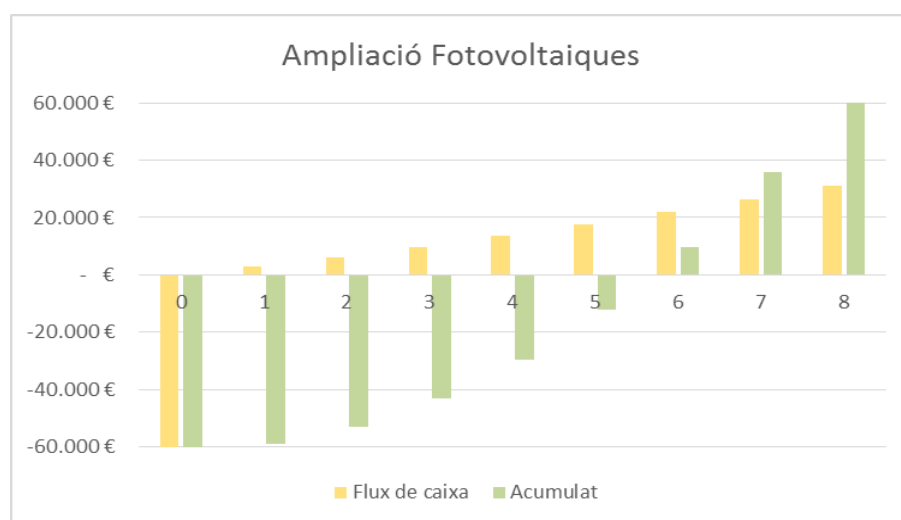


Fig. 4.20. Gràfic representatiu dels fluxos de caixa i el valor acumulat per la implementació dels mòduls fotovoltaics.

TIR	14%
VAN	12.126 €
Payback	6 anys

Fig. 4.21. Taula amb els valors de VAN, TIR i període de retorn de la inversió dels mòduls fotovoltaics.

#### CÀLCUL D'EMISSIONS DE CO<sub>2</sub>

Per últim, és important veure les emissions de CO<sub>2</sub>. En aquest cas les emissions donades pels indicadors parcials són exactament iguals, de manera que es mirarà la contribució aportada específicament per les energies renovables. Mentre que amb 16 panells és de 0,3 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> amb 48 mòduls arriba als 0,8 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, sent aquest augment d'un 2,7 respecte l'actual.

A continuació, a la Fig. 4.22 es mostra la qualificació energètica de la simulació implementant els 32 panells fotovoltaics de més, on es pot veure el balanç de contribució per energies fotovoltaïques en aquest cas i com afecten al resultat de la qualificació, pel que fa a les demandes i emissions dels indicadors parcials, es mantenen igual.

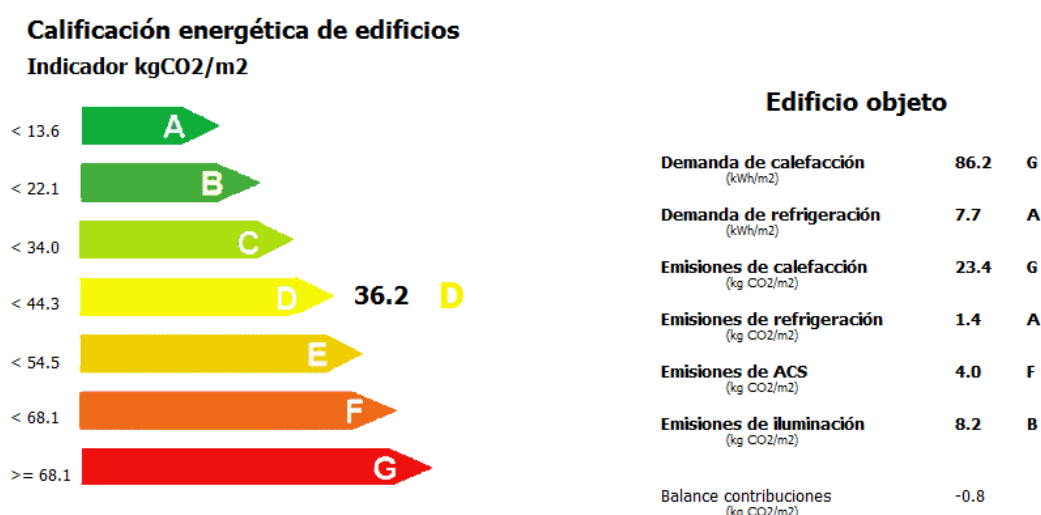


Fig. 4.22. Qualificació energètica i valors d'emissions de CO<sub>2</sub> dels indicadors parcials i global amb 48 panells fotovoltaics.

	Emissions globals CO <sub>2</sub> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> any]	Estalvi [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> any]
16 panells fotovoltaics	36,8	
48 panells fotovoltaics	36,2	0,6

Fig. 4.23. Taula amb els valors agrupats de les emissions de CO<sub>2</sub> i l'estalvi produït.





## 5. ANÀLISI DE PROPOSTES COMBINADES

Com a tancament del treball, s'ha fet un anàlisi de les propostes més viables per poder dur a terme a l'Edifici I. Aquest raonament s'ha basat en aquelles que aportaven un estalvi energètic major juntament amb una rendibilitat més elevada.

### 5.1. Descripció de les millores escollides

En primer lloc, s'ha valorat el canvi de vidres de les façanes sud, est i oest estudiant quin dels dos vidres proposats aportava millors condicions tèrmiques. Analitzant detingudament els resultats energètics aportat per cada un, en el cas dels vidres fotovoltaics, l'estalvi percentual és un 17,59% major, basant-nos en el consum energètic global de l'edifici objecte. Tot i que la inversió dels vidres fotovoltaics és molt major que la dels vidres Sunergy, el VAN retornat per la implementació dels fotovoltaics és molt superior també, el que justifica que la inversió és molt més rentable i que retornarà més guanys en el mateix període de retorn.

Pel que fa a l'aïllament de les façanes, tot i que no s'han implementat a les mateixes zones d'actuació, ja que el SATE s'ha aplicat a tota la façana de l'edifici mentre que l'extradossat interior només al tancament de la façana A, considerant-se la decisió més lògica per cada implementació. Això ha donat avantatge a la proposta del SATE. No obstant, la inversió d'aquest és molt més elevada però al obtenir resultats tèrmics més favorables i satisfactoris que l'extradossat interior, presenta molts més guanys i en un període de retorn menor.

Finalment, respecte a les instal·lacions, el debat està en dur a terme el canvi d'enllumenat, un augment de plaques fotovoltaïques o totes dues implementacions. Donat el cas actual, l'augment de la planta fotovoltaica requereix una inversió molt elevada que és rentable a llarg termini i pel que fa a l'edifici de l'ETSEIB es busquen millores que aportin guanys al més aviat possible ja que el futur de l'ús d'aquest edifici és indefinit donats els plans de trasllat vigents però indeterminats. Així doncs, com a proposta d'instal·lacions, s'ha escollit el canvi d'enllumenat de tubs fluorescent a tubs LED aportant aquests una eficàcia més elevada i un consum menor.

Aquestes propostes de millora escollides, queden resumides gràficament a la taula següent

Fig. 5.1:

	PROPOSTA ESCOLLIDA	PROPIETATS
<b>Vidres</b>	Vidres Fotovoltaics	$U = 5,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
		$g = 0,27$
		$E_{\text{gen}} = 119212,33 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{any}}$
<b>Aïllament</b>	Aïllament exterior SATE	$F_A + \text{SATE } U = 0,35 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
		$F_B + \text{SATE } U = 0,33 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
<b>Instal·lació</b>	Canvi d'enllumenat a tubs LED	Consum del 50% dels fluorescents Vida útil 5 vegades superior

Fig. 5.1. Taula resum amb les propostes escollides i les seves propietats.

## 5.2. Estalvi energètic

En aquest cas per dur a terme l'estalvi energètic generat per les propostes de millora escollides per implementar a l'edifici d'estudi, s'ha fet dins l'opció de mesures de millora dins la mateixa simulació inicial de l'edifici, corresponent a la situació actual.

En aquesta opció, deixa definir nous paràmetres pels vidres i on implementar-los, afegir les contribucions energètiques donades pels vidres fotovoltaics i canviar el tipus d'enllumenat. El que no permet, és quan s'escull com a mesura l'aïllament tèrmic per l'exterior, definir valors de transmitància diferents segons la façana on es vulgui aplicar, sinó que el nou valor-U de transmitància tèrmica ha de ser constant per tots els tancaments.

És per això, que fins ara s'havia fet en fitxers independents, per poder canviar valors de transmitància per cada tipus de façana segons la composició inicial d'aquesta. D'aquesta manera, en la opció de mesures de millora s'agafarà com a valor-U la mitja entre els dos, sent de  $0,34 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , donat que els valors de transmitància són molt semblants entre ells ( $0,33 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  i  $0,35 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ), l'error és mínim. S'ha comprovat en un fitxer separat, simulant l'edifici amb la transmitància mitja de  $0,34 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  i amb els valors reals calculats de façana+SATE; i s'ha corroborat que l'error obtingut és d'un 2,1% respecte el resultat de la qualificació, negligible respecte l'estalvi que proporciona la millora.

A l'activar i definir les propostes de millora dins l'arxiu de simulació de l'edifici actual, aquest genera un informe molt més complet comparant les dues situacions i els estalvis produïts, adjuntat a l'Annex II. A continuació, a la Fig. 5.2 es mostra la taula més gràfica que retorna l'informe a nivell visual, ja que permet comparar i avaluar molt fàcilment l'efecte de les millores escollides. Tot i el canvi de vidres i la implementació del SATE, la demanda de calefacció es manté en una G, resultat esperat donat el baix barem definit per aquest tipus de demanda, tot i això es redueix significativament, en un 28,3%.

La demanda de refrigeració per altra banda, augmenta lleugerament, això pot venir donat pel calor generat per les càrregues internes, que a l'hivern és negligible però a l'estiu és més notable. Com s'ha comentat anteriorment l'augment de l'aïllament del tancament exterior també produeix que l'escalfor generada per aquestes fonts i que entra a través dels vidres en forma de radiació tendeixi a restar dins l'edifici, augmentant una mica la demanda de refrigeració, tot i que la qualificació es manté en una A.

També és destacable la reducció en el consum de il·luminació, sent aquest d'un 18,6% i passant d'una B a una A.

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	59.86	28.3%	5.06	-16.4%	15.84	0.0%	20.21	18.6%	79.53	37.7%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	87.85	G 28.3%	9.88	A -16.4%	18.85	E 0.0%	39.49	A 18.6%	114.17	B 42.0%
Emisiones de CO2 [kgCO2/m² año]	16.80	G 28.3%	1.67	A -16.4%	3.99	F 0.0%	6.69	A 18.6%	22.06	B 40.1%
Demanda [kWh/m² año]	61.83	G 28.3%	8.91	A -16.4%						

Fig. 5.2. Taula comparativa que retorna l'informe generat pel CE3X, adjuntat a l'Annex II.

Per altra banda, és important remarcar, que s'ha passat d'una qualificació D a una B, complint d'aquesta manera les limitacions de consum energètic de la secció HE-0, així com també un dels objectius més important del treball, aquesta reducció es mostra a la taula de la Fig. 5.3 següent:

	Demanda Calefacció [kWh/m² any]	Demanda refrigeració [kWh/m² any]	Consum Global [kWh/m² any]	Qualificació energètica	Estalvi energètic
<i>Situació Actual</i>	86,2	7,7	196,7	D	
<i>Rehabilitació amb SATE</i>	61,8	8,9	114,2	B	41,94%

Fig. 5.3. Taula comparativa amb les dades de la situació actual i les millores escollides.

Amb els valors retornats de la simulació de l'edifici amb les millores implementades, es poden crear els gràfics següents, comparant en el de la Fig. 5.4 els resultats obtinguts de demanda respecte els que crea el programa per assolir una B i al gràfic de la Fig. 5.5, la comparació de les demandes respecte la situació actual de l'edifici:

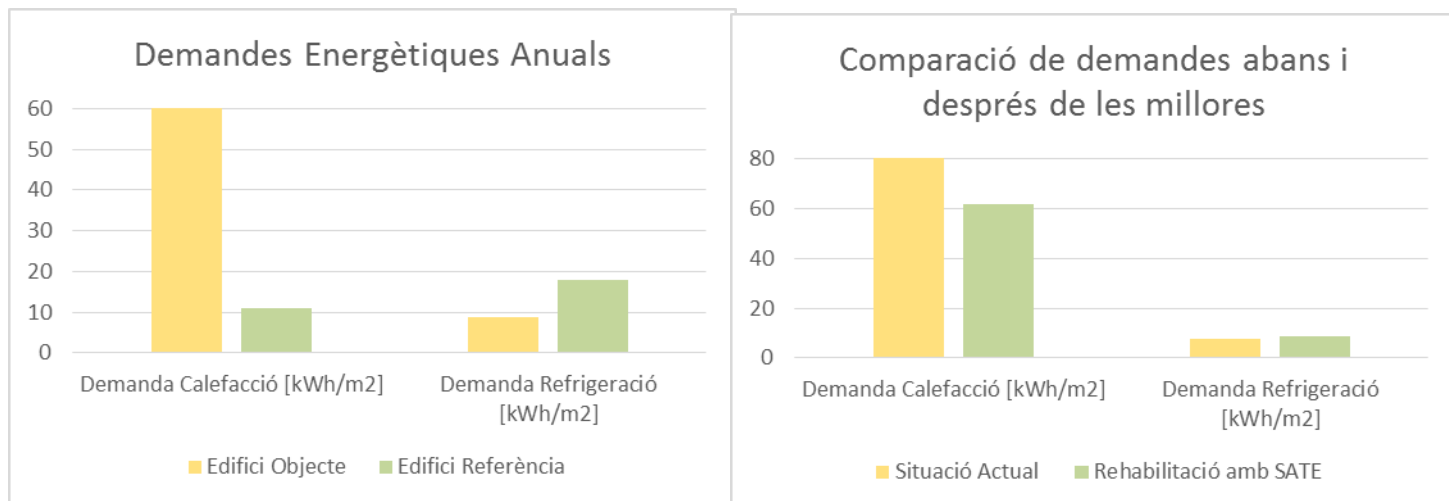


Fig. 5.4 i Fig. 5.5. Gràfics comparatius de les dades de demandes energètiques anuals de calefacció i refrigeració de les millores escollides respecte les dades de referència i les de la situació actual.

A la taula següent Fig. 5.6, es calcula el consum global anual, juntament amb l'estalvi d'energia que aporta el conjunt de millores.

	Consum Global [kWh/m² any]	Consum anual [kWh/any]	Estalvi energètic
<i>Situació Actual</i>	192,4	1113486,14	
<i>Propostes escollides</i>	114,2	660915,37	452570,77

Fig. 5.6. Taula amb les dades de consum i estalvi energètic de la simulació amb les millores respecte la situació actual.

### 5.3. Valoració econòmica

Per valorar econòmicament si la inversió a fer per implementar aquestes millores és viable, es procedirà a fer un estudi econòmic considerant l'estalvi econòmic proporcionat i el pressupost total. A continuació es farà el pas a pas d'aquesta valoració.

#### 5.3.1. Pressupost

Per realitzar el pressupost de les tres millores explicades, s'ha sumat el pressupost de cada una extraient-los de les taules de les Fig. 3.16, Fig. 3.52 i Fig. 4.4. A continuació es mostra el pressupost global del conjunt.

	Inversió (€)
<i>Sunergy Dark Blue</i>	13.474,55 €
<i>SATE</i>	52.417,39 €
<i>Tubs LED</i>	37.930,50 €
<b>TOTAL</b>	<b>103.822,44 €</b>

Fig. 5.7. Taula amb el pressupost global de la inversió de les tres millores escollides.

### 5.3.2. Estudi de viabilitat econòmica

Tot seguit s'ha fet l'estudi de viabilitat econòmica considerant el consum actual de l'Edifici I i el consum que tindria en cas d'implementar les millores explicades. Per poder fer els càlculs, s'ha considerat:

1. Inflació general: 2%
2. Inflació electricitat: 4%
3. Preu electricitat: 0,146 €/kWh
4. Vida útil Vidres fotovoltaics: 10 anys
5. Vida útil d'un SATE: 30 anys
6. Vida útil fluorescents: 10.500 hores
7. Vida útil LED's: 50.000 hores

La següent taula Fig. 5.8 mostra els fluxos de caixa detalladament per un període de 8 anys; contemplant l'opció de seguir amb l'edifici tal com està actualment i l'opció de la d'implementar les millores escollides i descrites anteriorment.

<i>Situació Actual</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Inversió</i>	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<i>Substitució</i>	- €	- €	- €	- €	14.993 €	- €	- €	- €	16.228 €
<i>Consum</i>	- €	162.569 €	169.072 €	175.835 €	182.868 €	190.183 €	197.790 €	205.702 €	213.930 €
<b>TOTAL</b>	- €	162.569 €	169.072 €	175.835 €	197.860 €	190.183 €	197.790 €	205.702 €	230.158 €
<i>Millores Escollides</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Inversió</i>	103.822 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<i>Substitució</i>	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<i>Consum</i>	- €	96.494 €	100.353 €	104.368 €	108.542 €	112.884 €	117.399 €	122.095 €	126.979 €
<b>TOTAL</b>	103.822 €	96.494 €	100.353 €	104.368 €	108.542 €	112.884 €	117.399 €	122.095 €	126.979 €
<b>Flux de caixa</b>	- 103.822 €	66.075 €	68.718 €	71.467 €	89.318 €	77.299 €	80.391 €	83.606 €	103.179 €
<b>Acumulat</b>	- 103.822 €	- 37.747 €	30.971 €	102.438 €	191.757 €	269.055 €	349.446 €	433.052 €	536.231 €

Fig. 5.8. Taula amb el càlcul de viabilitat econòmica per les millores escollides.

Per inversions s'han considerat la implementació de les millores durant l'any inicial i igual al valor calculat a la taula Fig. 5.7 del pressupost.

Per calcular els costos de substitució, s'ha d'analitzar el temps de vida útil de cada material, en aquest cas l'únic temps de vida menor que el període d'estudi, són la vida dels fluorescents, i es correspon a la situació actual. El cost de substitució dels fluorescents, s'ha extret de la taula de la Fig. 4.3, calculat a l'apartat 4.1.4 i en aquest cost, s'ha de tenir en compte la possible inflació del preu d'aquest material.

Pel que fa als consums es correspon al producte entre el consum energètic retornat per la simulació amb CE3X en cada situació pel preu de la electricitat, considerant la inflació d'aquesta any rere any.

Finalment s'ha obtingut el flux de caixa i el seu valor acumulat de la mateixa manera que en els altres estudis de viabilitat econòmica. Amb aquests valors, s'ha pogut realitzar el gràfic Fig. 5.9 mostrat a continuació. Aquest és molt útil per veure el període de retorn de la inversió feta, que resulta ser de dos anys, un valor molt baix donat el cost de la inversió.

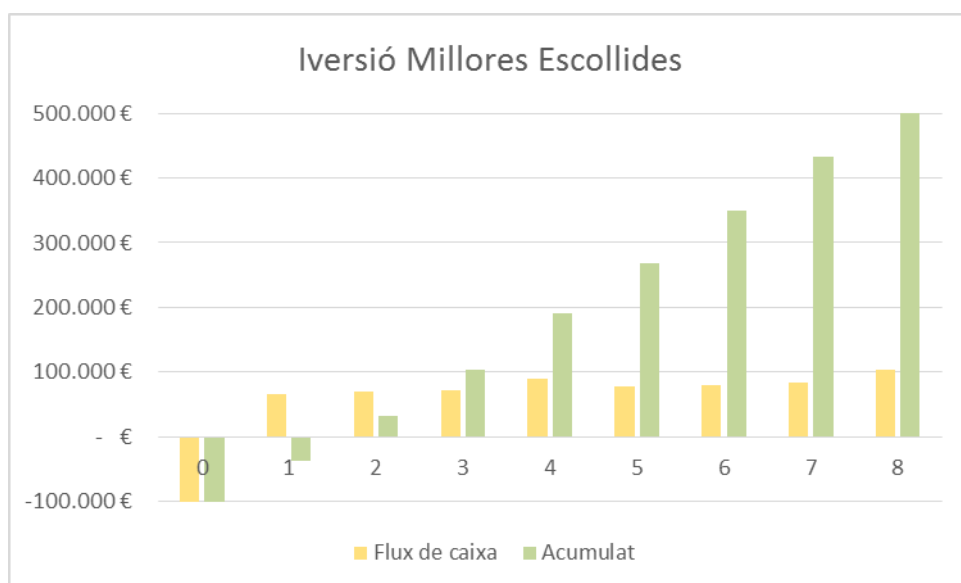


Fig. 5.9. Gràfic representatiu dels fluxos de caixa i el valor acumulat per la inversió de les millores escollides.

Ja per acabar l'estudi, s'analitza el valor del VAN i el TIR, el VAN dona un valor positiu i molt elevat, el que justifica un inversió rentable i que produirà molts guanys a curt termini i el TIR també resulta ser un índex elevat.

TIR	68%
VAN	283.772 €
Payback	2 anys

Fig. 5.10. Taula amb els valors de VAN, TIR i període de retorn de la inversió de les millores proposades.

### 5.3.3. Càlcul d'emissions de CO<sub>2</sub>

Tot i que ja s'ha comentat l'evolució de les demandes, observem a la taula següent Fig. 5.11 que com és evident les emissions evolucionen igual que les demandes, augmentant o disminuint en la mateixa mesura tots els indicadors parcials.

	Emissions de CO <sub>2</sub> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> any]		Estalvi respecte la situació inicial
Calefacció	16,8	G	28,30%
Refrigeració	1,67	A	-16,40%
Il·luminació	6,69	A	18,60%
ACS	3,99	F	0%

Fig. 5.11. Valors d'emissions de CO<sub>2</sub> dels indicadors parcials que ens retorna la simulació.

Fent el balanç de l'evolució dels indicadors parcials, s'obté que l'indicador global d'emissions de CO<sub>2</sub> és de 22,06 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> ·any com s'indica a la Fig. 5.12, un 40,1% menor que el de la situació actual i obtenint una B en la qualificació energètica, assolint en aquest punt del projecte un dels objectius principals del treball.

	Emissions globals CO <sub>2</sub> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> any]	Estalvi [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> any]
Situació Actual	36,8	
Propostes Escollides	22,1	14,7

Fig. 5.12. Taula amb els valors agrupats de les emissions de CO<sub>2</sub> i l'estalvi produït.





## Conclusions

Amb aquest projecte s'ha assolit l'objectiu principal d'assolir una B en la qualificació energètica una vegada s'han escollit les millores a implementar. Tot i això, la primera fase del projecte corresponent a la realització de la certificació energètica, s'ha complicat reiteradament, donada la manca d'informació en alguns àmbits del cas d'estudi, que s'ha anat simplificant fent les hipòtesis explicades en cada cas i l'aprenentatge autònom del programa de certificació, que, val a dir, que era molt diferent que el programa utilitzat en la certificació basada, provocant que molta informació no es pogués treure d'allà.

Dels objectius definits a l'inici del treball se'n dedueixen les següents conclusions i es comenta l'evolució del procés del treball:

- Fer un estudi complet de l'edifici, tant a nivell constructiu de l'envolupant com d'instal·lacions.

La majoria de la informació s'ha extret de la certificació prèvia [5]. Igualment però, la col·laboració de l'oficina de manteniment ha estat essencial també, ja que s'ha comptat amb un recorregut per l'Escola per conèixer la funcionalitat dels equips de climatització i veure'ls de primera mà, així com observar els elements estructurals de les façanes. També s'han realitzat diverses visites al Cap de Manteniment de l'ETSEIB Javier Aguirre en les que s'ha proporcionat plànols, inventari dels equips de climatització instal·lats, algunes fitxes tècniques,... Tota la informació de la que s'ha documentat es resumeix a l'Annex I i a l'inici de cada proposta de millora al descriure la situació actual.

- Entendre el funcionament del programa CE3X i la seva metodologia de càlcul i realitzar la certificació energètica de l'Edifici I de l'ETSEIB amb CE3X.

Malgrat el desconeixement del programa a l'inici del projecte i que s'ha hagut de fer molta recerca d'informació donada la diferència entre programes, s'ha dut a terme la certificació energètica de l'edifici d'estudi amb resultats coherents, on ha estat essencial l'ajuda de Jordi Nadal de l'empresa Taubertek, enginyer industrial experimentat en l'àmbit de les certificacions. El procediment amb CE3X s'ha presentat a l'Annex I.

- Fer un anàlisi qualitatiu i quantitatiu dels resultats obtinguts en la certificació.

El procés d'anàlisi ha estat bàsic per acabar d'entendre el funcionament del programa i com efectua els valors de demanda o de consum. S'han pogut entendre i raonar tots els resultats obtinguts i perquè venien generats. Aquest anàlisi es presenta a l'apartat 2.2.

- Comprendre la diferència de funcionament del programa utilitzat respecte el de la certificació energètica basada, així com el contrast de resultats.

En aquest punt s'ha hagut de fer molt d'aprenentatge autònom i s'ha recorregut tot sovint als manuals d'usuari de cada programa, comparant així no només la diferència de com s'entra la informació sinó com són els motors de càlculs intern de cada un i en que es basen. Aquest estudi es troba a l'apartat 2.3.

- Efectuar unes propostes de millora energètica tant a nivell constructiu com d'instal·lacions; en base als resultats obtinguts en la certificació i als coneixements teòrics assolits durant el treball.

Aquest és el punt principal del treball, és el que des d'un principi es volia tractar, tot i que s'ha complicat donada la complexitat del procediment de la certificació. S'han pogut presentar les propostes tant de manera qualitativa com quantitativa, realitzant-se en cada cas l'estudi econòmic pertanyent. En el cas de les millores constructives s'ha estudiat el canvi de vidres, estudiant-se'n més d'un per poder comparar els resultats entre ells, i la implementació de dos tipus d'aïllament, un interior i l'altre per l'exterior, així com la zones d'actuació corresponents en cada cas. Pel que fa a les propostes d'instal·lacions s'ha optat pel canvi d'enllumenat i per l'ampliació de la planta fotovoltaica present a ETSEIB. Malgrat el gruix de feina de recerca, se li ha pogut donar el pes i detall que es pretenia des d'un origen, documentat als apartats 3 i 4.

- Seleccionar una sèrie de les millores estudiades i analitzar el seu efecte quan actuen combinades.

Per acabar, els resultats obtinguts en les millores escollides i l'efecte que ha tingut la seva implementació al l'Edifici I de l'ETSEIB han estat satisfactoris, complint d'aquesta manera l'objectiu principal del treball d'assolir una B en la qualificació energètica. Les millores escollides han estat el canvi de vidres per vidres fotovoltaics, la implementació d'un aïllament SATE per l'exterior i el canvi d'enllumenat per tubs LED. Aquest estudi s'ha presentat a l'apartat 5 del projecte.

A mode de cloenda i a nivell personal, aquest projecte m'ha servit no només per l'extens coneixement obtingut dins del sector de l'edificació sostenible i l'energia sinó també pel meu propi desenvolupament, aprenent a sortir de situacions de bloqueig quan no hi ha una estructura predefinida en la que basar-se.

## Referències

### Referències bibliogràfiques

- [1] IDEA, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, *Manual de usuario de calificación energética de edificios existentes CE<sup>3</sup>X (Versión 2016)*. Madrid, abril 2016.
- [2] AGC Your Glass, *Glass Configurator*.  
[<https://www.yourglass.com/configurator/es/es/toolbox/configurator/main.html>, 18 de Juny de 2018]\*. \*[URL, data de consulta].
- [3] AGC Glass Company North America, *Your Glass Pocket*. 2013
- [4] Agència de l'habitatge de Catalunya, *Fusteria exterior*. Barcelona, Gener 2014.
- [5] Eloi Bigas Vila, *Certificació Energètica de l'Edifici I de l'ETSEIB*. Barcelona, Juny 2017.
- [6] El Tubo Solar, *Megapost Energía fotovoltaica, todo lo que debes saber*. Juny 2017.
- [7] Onyx Solar. [<https://www.onyxsolar.com/es/vidrio-fotovoltaico/especificaciones-vidrio>, 15 d'Agost de 2018]\*. \*[URL, data de consulta].
- [8] ITeC, *Banc de Preus BEDEC*. 2018.
- [9] CYPE Ingenieros, S.A., *Generador de Precios. España*.  
[[http://www.generadordeprecios.info/obra\\_nueva/L\\_Carpinteria\\_\\_cerrajeria\\_\\_vidrios\\_y\\_/Vidrios/Fotovoltaicos/LVF010\\_Modulo\\_de\\_vidrio\\_arquitectonico\\_fot.html](http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/L_Carpinteria__cerrajeria__vidrios_y_/Vidrios/Fotovoltaicos/LVF010_Modulo_de_vidrio_arquitectonico_fot.html), 15 d'Agost de 2018]\*. \*[URL, data de consulta].
- [10] ICAEN, Institut Català d'Energia és l'entitat de la Generalitat de Catalunya, *Preguntes freqüents sobre certificació d'eficiència energètica dels edificis a Catalunya*. Barcelona, Maig 2017.
- [11] Pladur, *Guia de sistemas de pladur*. Edición Septiembre de 2015.
- [12] Placo Saint-Gobain, *Manual de Trasdosados*.
- [13] IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, *Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios*. Madrid, Abril 2012.

- [14] Certificat Energètic, *Comparació de Leds amb fluorescents o llums de baix consum*. Barcelona, 2013.
- [15] Miquel Honorat Pastor Torrens, *Instal·lació solar fotovoltaica per a l'alimentació de dispositius dels usuaris d'una biblioteca*. Barcelona, Gener 2016.
- [16] Berta Morera Tonijuan, *Monitorització d'una instal·lació fotovoltaica*. Barcelona, Abril 2018.
- [17] DISTRIBUCIONES ELÉCTRICAS. *Material Eléctrico e iluminación*.  
[<http://distribucioneselectricas.com/453-tubo-sapa-flexible-pvc>, 20 d'Agost de 2018]\*. \*[URL, data de consulta].
- [18] Ministerio de Fomento, *Código Técnico de la Edificación, Documento Básico HE Ahorro de Energía*.
- [19] Ministerio de Fomento, *Código Técnico de la Edificación, CTE*.
- [20] Certificados energéticos, *Dispositivos de protección solar en certificación energética (CE3X)*. Madrid, 2017.
- [21] Lleal Tulsà, Assessors, *El Certificat Energètic (CEE): Què és i quan és obligatori?* Barcelona, 2016.
- [22] Institut Català d'Energia, *Eficiència energètica dels edificis*. Barcelona, Juliol 2018.

## **Annex I. Simulació de l'Edifici I amb CE3X**

## Dades generals

En iniciar el programa, aquest en primer lloc demana el tipus d'edifici, al ser un edifici docent i en gran part administratiu també, seleccionem la tipologia de petit terciari, ja que no es correspon amb un edifici residencial, però tampoc amb un gran terciari, ja que aquest fa referència a naus industrials o edificis de grans dimensions com hotels o centres comercials que estan moltes hores oberts. A continuació, fa definir les dades administratives, corresponents a la localització de l'edifici, les dades del client i del tècnic certificador, aquestes dades però, no influiran en el valor de la qualificació. La seva utilitat és cara a generar l'informe del projecte i els documents oficials corresponents a la qualificació de l'edifici.

**Datos administrativos** | Datos generales | Envolvente térmica | Instalaciones

**Localización e identificación del edificio**

Nombre del edificio: Edifici I - ETSEIB

Dirección: Av Diagonal, 647

Provincia/Ciudad autónoma: Barcelona Localidad: Barcelona Código Postal: 08028

Referencia Catastral: 602071DF2862A0001WZ +

**Datos del cliente**

Nombre o razón social: Laia Pons

Dirección: .

Provincia/Ciudad autónoma: Barcelona Localidad: . Código Postal: .

Teléfono: . E-mail: .

**Datos del técnico certificador**

Nombre y Apellidos: . NIF: .

Razón social: . CIF: .

Dirección: .

Provincia/Ciudad autónoma: Barcelona Localidad: . Código Postal: .

Teléfono: . E-mail: .

Titulación habilitante según normativa vigente: .

Fig. I. 1. Imatge de l'entrada de dades administratives

Tot seguit, el programa procedeix a definir les dades generals de l'edifici, informació fonamental per la qualificació. En aquesta pestanya demana la normativa vigent durant el període en el que es va construir l'edifici, d'aquesta manera es defineixen les exigències normatives a les que l'edifici es va haver de cenyir al ésser construït. Al ser previ al 1981, la normativa de construcció és anterior a l'entrada en vigor de la NBE CT-79. També s'ha de seleccionar l'emplaçament de la nostra obra, on es troba. Això serà important cara a les llibreries i els generadors de preus, ja que permetrà seleccionar diferents elements constructius segons la regió on es trobi el projecte, en funció dels elements més utilitzats per la zona climàtica.

Al seleccionar la localitat, també s'associen les dades climàtiques del projecte, de manera que la zona climàtica queda seleccionada automàticament en funció de l'apèndix B del document HE-1 i del document HE-4. Barcelona correspon a la zona climàtica C2-III.

La superfície habitable exclou totes les estances on no s'hi treballa, tant siguin magatzems, sales de neteja, arxius, sales d'equips climatitzadors,... i també permet definir l'alçada de les plantes juntament amb el nombre de plantes habitables corresponents a la Planta -1, la Planta Baixa i la Planta 1.

En edificis petits terciaris, el número de renovacions/hora que s'utilitza per defecte pel càlcul de la demanda és de 0,8. L'ús d'aquest valor és un procediment administratiu i l'imposa el programa automàticament; es recomana que l'usuari no introdueixi el valor manualment. El perfil d'ús és el que utilitza el programa per calcular les fonts internes i l'energia que emeten aquestes segons les hores de funcionament, al ser un edifici docent però en part administratiu, s'ha definit com a 12h amb una intensitat mitja.

Pel que fa a la demanda d'ACS, s'ha calculat mitjançant la taula 4.1. del document HE-4 del Codi Tècnic, al subministrar-se Aigua Calenta Sanitària únicament a les dutxes del gimnàs, aquest es considera escola amb dutxa, atribuint 21 l/dia-persona, de manera que consultant a l'escola la mitjana de persones que passen pel gimnàs i fan ús de les dutxes va ser de 160 persones al dia, obtenint la demanda coberta d'ACS de 3360 l/dia. A la pestanya Imatges s'ha introduït una imatge general de l'edifici i una imatge de la seva situació en el plànol

The screenshot shows a software interface with two main sections: 'Datos generales' and 'Definición edificio'.

**Datos generales:**

- Normativa vigente: Anterior
- Año construcción: 1964
- Tipo de edificio: Edificio completo
- Perfil de uso: Intensidad Media - 12h
- Provincia/Ciudad autónoma: Barcelona
- Localidad: Barcelona
- Zona climática: C2 (selected), III (available)

**Definición edificio:**

- Superficie útil habitable: 5787.35 m<sup>2</sup>
- Altura libre de planta: 4 m
- Número de plantas habitables: 3
- Ventilación del inmueble: 0.8 ren/h
- Demanda diaria de ACS: 3360 l/día
- Masa de las particiones internas: Media
- ☐ Se ha ensayado la estanqueidad del edificio

Below the input fields, there are two images: 'Imagen edificio' (a street-level view of the building) and 'Plano situación' (an aerial map showing the building's location).

Fig. 1. 2. Imatge de com s'han definit les dades generals.

## Elements constructius

A continuació, es defineix l'envolupant tèrmic de l'edifici. Aquí es detalla com s'han introduït els elements constructius de l'edifici intentant-los assimilar al màxim als definits a la certificació [5]. En la majoria de casos s'han trobat els mateixos elements a la llibreria de tancaments, tot i que no sempre es corresponen als materials reals de l'edifici, però a nivell d'aïllament tèrmic (valor-U) s'ajusten molt i en definitiva és l'únic que interessa pel càlcul de càrregues tèrmiques.

## **Façanes**

El gran problema d'aquest edifici a nivell de sostenibilitat energètica és que la majoria dels tancaments exteriors són exclusivament vidre.

### *Façana tipus A:*

Correspon a la façana de vidre amb estructura de ferro de la Planta 1 i part de la Planta Baixa. Per poder crear aquesta estructura, en primer lloc s'ha generat igual que en la certificació basada [5] com una capa de ferro, per definir a posteriori totes les finestres a sobre que ocupin pràcticament tota la superfície.



*Fig. I. 3. Planta Baixa. Façana de vidre amb estructura de ferro i sense marcs. Imatge extreta de la referència [5].*





Fig. I. 4. Planta 1. Façana de vidre amb estructura de ferro i marcs d'alumini. Imatge extreta de la referència [5].

Com s'ha dit, primer s'ha entrat a la llibreria de tancaments per definir el seu valor de transmitància, composta per una sola capa de ferro de 10 cm de gruix. Al obtenir un valor-U de  $5,83 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  s'ha vist clarament que aquest valor era inviable tant actualment com també per l'any de construcció, i realment es pot observar que a l'ampit de les finestres de la Planta 1 no només tenen una xapa de ferro. Tenint en compte aquestes observacions i que el valor de transmitància del tancament no és lògic que sigui superior al del vidre, s'ha decidit prendre el valor que dona el programa per defecte segons la normativa vigent durant la construcció de l'edifici.

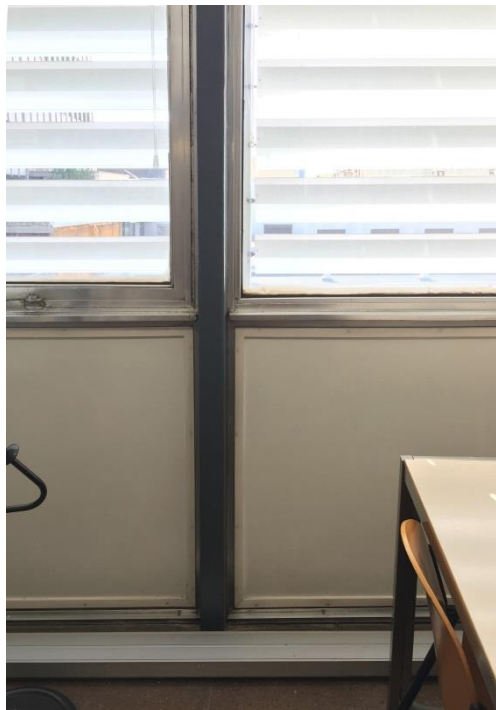


Fig. I. 5. Imatge on es veu clarament que la façana A no és únicament ferro.

El valor que dona el programa té una transmissió  $U$  de  $2,38 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ . Cal comentar que el valor- $U$  que presenta aquesta façana és extremadament desfavorable i avui en dia no es podria fer servir perquè no compleix de cap manera les limitacions del Codi Tècnic.

Fig. I. 6. Imatge representativa de com s'han entrat els valors de transmissió de la façana A.

Pel que fa a les façanes, s'ha d'entrar la superfície diferenciada segons la orientació de cada cara. També s'ha de tenir en compte el patró d'ombres corresponent per cada orientació. Les dimensions s'han de prendre des de l'interior, és a dir de forjat a forjat, no es pot considerar l'alçada sencera de planta ja que seria incorrecte, i cara als ponts tèrmics es faria un càlcul erroni.

#### Façana tipus B:

La resta de façana de la Planta Baixa no són de ferro. Aquest altre tipus es compon per dues capes de 10cm de maó convencional de peu cada una, a banda i banda d'una càmera d'aire de 8cm, i amb un arrebossat de guix de 2cm. Assolint un total de 30cm. Aquest tipus de façana tanca la resta del perímetre de la Planta Baixa:

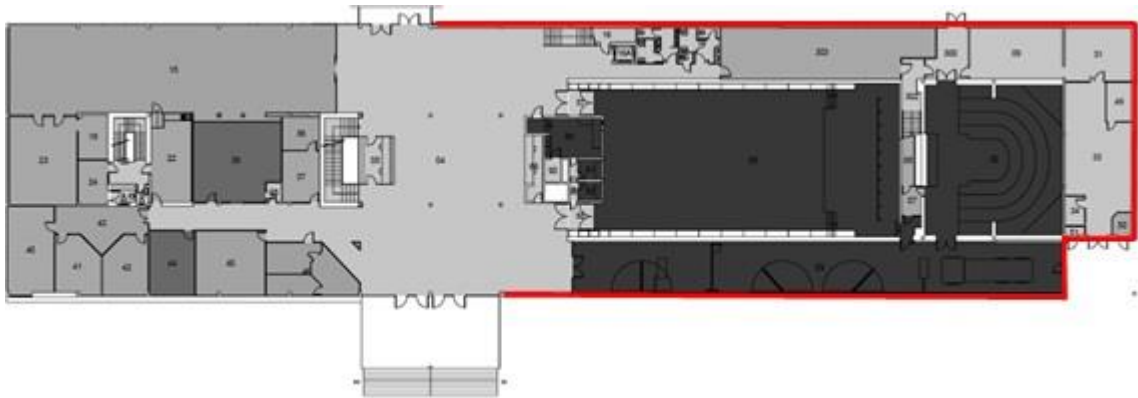


Fig. I. 7. Planta Baixa. Façana de maó convencional de peu i cambra d'aire, de 30cm totals, i vidres d'1m d'alçada amb estructura de ferro i sense marc. Arrebossat de guix a l'interior i/o a l'exterior. Imatge extreta de la referència [5].

Per calcular la transmitància d'aquesta façana, s'ha hagut d'entrar a la llibreria de tancaments i introduir cada material un a un amb el gruix corresponent, com s'observa a la Fig. I. 8. La transmitància d'aquesta façana té un valor-U de  $1,57 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , millor que la façana A però lluny de complir les limitacions del Codi Tècnic, ja que no té cap aïllant i avui en dia això no estaria permès en parets de façana.

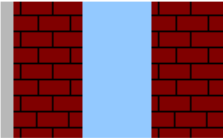
### Librería de cerramientos

Nombre

*Características del cerramiento*

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

Material	Grupo	R (m <sup>2</sup> K...)	Espesor...	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (J/kgK)
Mortero de yeso	Morteros	0.025	0.02	0.8	1500	1000
1/2 pie LM métrico o c...	Fábricas de ladrillo	0.101	0.1	0.991	2170	1000
Cámara de aire sin ve...	Cámaras de aire	0.19	-	-	-	-
1/2 pie LP métrico o c...	Fábricas de ladrillo	0.15	0.1	0.667	1140	1000



$R1 + \dots + Rn$   
0.47 m<sup>2</sup>K/W

*Características del material*

Grupo de materiales

Material

Espesor  m  $\lambda$   W/mK

$\rho$   kg/m<sup>3</sup> Calor específico  J/kgK

Fig. I. 8. Imatge de com s'ha creat la façana B a la llibreria de tancaments.

## Tancaments interiors

Per tancaments interiors, s'entenen els que limiten la superfície habitable amb la no habitable. Aquests, es va consultar amb el departament tècnic, i es va concloure que són murs de formigó de 20 cm de gruix. Entrant aquestes característiques a la llibreria de tancaments, es veu com assolixen un valor  $U$  de  $0,82 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , prou favorable tenint en compte les transmissibilitats vistes fins al moment.

### Partición interior vertical

Nombre: Tancaments Interiors      Zona: Edificio Objeto

**Dimensiones**

Superficie de la partición: 525.0692 m<sup>2</sup>  
 Longitud:      m  
 Altura:      m

**Parámetros característicos para el cálculo de la U global**

Propiedades térmicas: Uglobal: Estimadas      Transmisión térmica: 0.82 W/m<sup>2</sup>K  
 Grado ventilación del espacio NH: Ligeramente Ventilado  
☐ Tiene aislamiento térmico      Superficie del cerramiento: 48 m<sup>2</sup>

**Definir la transmisión térmica de la partición**

Definir Upartición: Conocida  
☐ Transmisión térmica Up:      W/m<sup>2</sup>K  
☒ Librería de cerramientos: Interior formigó

Fig. I. 9. Imatge de com s'han creat els tancaments interiors.

Aquesta composició de tancament, també es correspon a la façana enterrada de la Planta -1, tot i això aquesta no deixa definir-se per l'usuari i pren com a valor per defecte una  $U$  de  $1,03 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ .

### Muro en contacto con el terreno

Nombre: F Planta-1      Zona: Edificio Objeto

**Dimensiones**

Superficie: 828.7768 m<sup>2</sup>  
 Longitud:      m  
 Altura:      m

**Parámetros característicos del cerramiento**

Propiedades térmicas: Estimadas      Transmisión térmica: 1.03 W/m<sup>2</sup>K  
 Profundidad de la parte enterrada: 3 m  
☐ Tiene aislamiento térmico

Fig. I. 10. Imatge de com s'ha creat la façana enterrada de la Planta -1.

## Coberta

Respecte a la coberta, s'han tret les dades de la referència [5], ja que ha estat molt complicat accedir a la informació de l'escola. Aquestes estan diferenciades amb una U de refrigeració i una U de calefacció, com que al CE3X no es poden entrar per separat s'ha pres la U mitja equivalent a  $0,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . Tot i això se sap que està formada per un forjat unidireccional, un aïllant format per poliestirè extruït, una capa de ciment, una cambra d'aire, una capa aïllant de tela asfàltica d'alumini, polièster, una altra capa de ciment i paviment de gres. Tots aquests materials no es troben a la llibreria de tancaments donat que és una coberta tipus de CYPECAD, per això s'ha pres directament el valor-U aportant al cap i a la fi les mateixes propietats tèrmiques.

### Cubierta en contacto con el aire

Fig. I. 11. Imatge de com s'ha creat la coberta.

## Terra en contacte amb el terreny

Pel que fa al terra, tampoc s'ha obtingut informació. És per això que s'han pres els valors tèrmics que dóna el programa per defecte tenint en compte la normativa de l'any de construcció. El programa retorna una U de  $1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  com en el cas de la transmitància de la façana enterrada.

## Vidres

Com s'ha comentat a l'apartat 3.1.1, els vidres s'han assimilat a uns vidres estàndard Planibel Clear de 6mm de gruix, la fitxa tècnica dels quals es troba adjunta a l'Annex V. Aquests vidres tenen una transmitància de  $U=5,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  i un factor solar  $g=0,84$ . Com s'ha explicat quan s'han definit les façanes, els vidres de la Planta Baixa no tenen marc, mentre que els de la Planta 1 tenen marcs molt prims d'alumini.

A més, tots els vidres de l'Edifici I estan coberts amb unes làmines solars, aquestes no afecten a les característiques de transmissió dels vidres però sí al factor solar, que s'haurà de recalculer. De la fitxa tècnica dels films solars actuals, adjuntada a l'Annex V es pren el valor del factor solar de 0,22.

Per calcular el factor solar del conjunt vidre i làmina solar, s'ha consultat l'Apèndix A del document HE-1 del CTE, aquest ens porta a l'Equació 4 següent:

$$\text{Equació 4} \quad F = F_s \cdot [(1 - FM) \cdot g + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha]$$

Aquesta equació serveix per calcular el factor solar modificat que no és bloquejat pels obstacles de la façana a partir dels següents elements:

- $F_s$  és el factor d'ombra del forat, en cas de dubte es pren igual a la unitat.
- $FM$  és el percentatge de marcs respecte el forat. En el cas dels vidres de la Planta 1 s'ha definit com un 5%, mentre que a la Planta Baixa serà nul.
- $g$  és el factor solar de la part semitransparent del forat, és a dir del vidre. En aquest cas es pren el de més a l'exterior, és a dir el que rep primer la radiació solar. Per tant  $g=0,22$ .
- $U_m$  és la transmissió tèrmica dels marcs, en aquest cas al ser només d'alumini sí que es prendrà el  $5,83 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  calculats prèviament com a estructura metàl·lica.
- $\alpha$  és absorptivitat del marc, aquest depèn del color i es pren segons la taula següent Fig. I. 12. S'ha agafat una  $\alpha=0,4$ .

**Tabla 11 Absortividad del marco para radiación solar  $\alpha$**

Color	Claro	Medio	Oscuro
Blanco	0,20	0,30	-
Amarillo	0,30	0,50	0,70
Beige	0,35	0,55	0,75
Marrón	0,50	0,75	0,92
Rojo	0,65	0,80	0,90
Verde	0,40	0,70	0,88
Azul	0,50	0,80	0,95
Gris	0,40	0,65	-
Negro	-	0,96	-

12 de 19

*Fig. I. 12. Taula de l'absortivitat del marc per radiació solar. Extreta del CTE.*

En el cas dels vidres de la Planta Baixa sense marcs, el valor  $F=g=0,22$  i s'han definit per cada orientació i per cada tipus de façana; en el cas que una de les orientacions tingui patró d'ombres, també s'ha hagut de determinar:

### Hueco/Lucernario

Nombre	vidres N sense marcs	
Cerramiento asociado	FA N	Orientación: Norte

<b>Dimensiones</b>		<b>Características</b>	
Longitud		Permeabilidad del hueco	Valor conocido 100 m3/hm2
Altura		Absortividad del marco	$\alpha$ 0.4
Multiplicador	1	<input type="checkbox"/> Dispositivo de protección solar	Dispositivo de protección solar
Superficie	91.72 m2	Patrón de sombras	Sin patrón
Porcentaje de marco	0 %	<input type="checkbox"/> Doble ventana	

<b>Parámetros característicos del hueco</b>	
<b>Propiedades térmicas</b>	Conocidas
U vidrio	5.7 W/m2K
g vidrio	0.22
U marco	5.83 W/m2K

Fig. I. 13. Imatge de com s'han definit els vidres de la Planta Baixa per cada orientació.

Pels vidres de la Planta 1 la  $F = 0,21$ . Igual que en els vidres anteriors, també s'han de definir en cas que hi hagi proteccions solars com poden ser les lames metàl·liques.

$$\text{Ecuació 5: } F = 1 \cdot [(1 - 0,05) \cdot 0,22 + 0,05 \cdot 0,04 \cdot 5,83 \cdot 0,4] = 0,21$$

### Hueco/Lucernario

Nombre	S marcs+%lames	
Cerramiento asociado	FA S	Orientación: Sur

<b>Dimensiones</b>		<b>Características</b>	
Longitud		Permeabilidad del hueco	Valor conocido 100 m3/hm2
Altura		Absortividad del marco	$\alpha$ 0.4
Multiplicador	1	<input checked="" type="checkbox"/> Dispositivo de protección solar	Dispositivo de protección solar
Superficie	217.8 m2	Patrón de sombras	Façana Sud
Porcentaje de marco	5 %	<input type="checkbox"/> Doble ventana	

<b>Parámetros característicos del hueco</b>	
<b>Propiedades térmicas</b>	Conocidas
U vidrio	5.7 W/m2K
g vidrio	0.21
U marco	5.83 W/m2K

Fig. I. 14. Imatge de com s'han definit els vidres de la Planta 1, incloent les proteccions solars i el patró d'ombres.

## Altres Elements

### Patró d'ombres

El patró d'ombres serveix per definir els obstacles de l'edifici que repercuteixen en la incidència solar de les façanes de l'edifici. En el nostre cas, s'ha definit, per la façana Sud, l'ombra que pot reflectir-se l'Edifici H, i per la façana est, l'edifici de la Facultat de Física.

En aquest patró es defineix, l'angle de desviació en el pla horitzontal respecte al sud  $\alpha$  i l'alçada de l'ombra que produeix l'obstacle sobre l'edifici objecte mitjançant un angle d'elevació  $\beta$ . Al tenir més d'un element obstacle, es poden definir més d'un angle de desviació i més d'un angle d'elevació.



Fig. I. 15. Imatge de com s'han definit el patró d'ombres de la façana sud.



## Ponts tèrmics

Pel que fa als ponts tèrmics, donada la manca d'informació d'aquests, s'han definit els que el programa dóna la opció de posar per defecte, excepte la caixa de persiana que no n'hi ha. Un cop definits, es poden editar les longituds i propietats d'aquests.

### Puente térmico por defecto

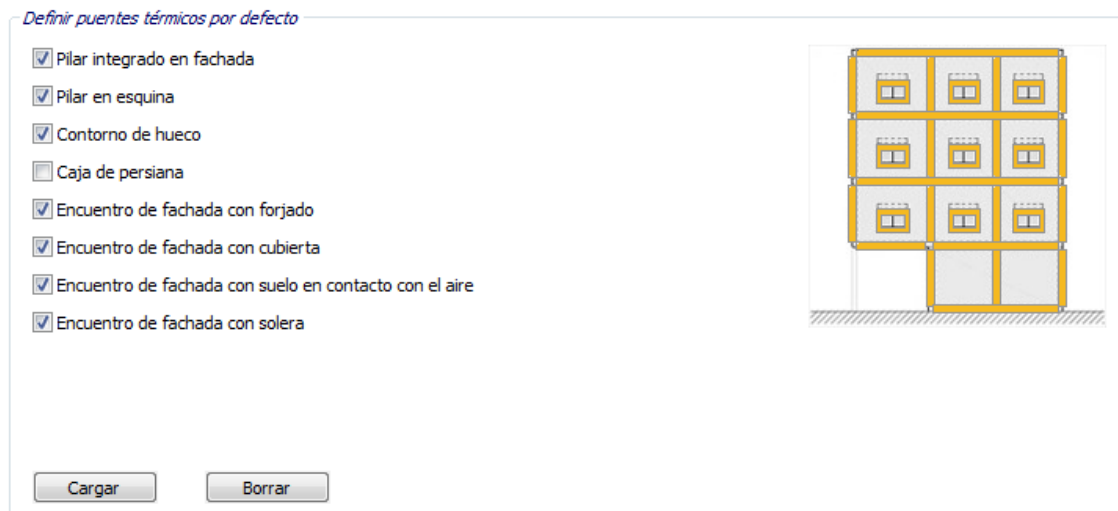


Fig. I. 16. Imatge de com s'han definit els ponts tèrmics.

## Instal·lacions

### Caldera

A l'ETSEIB hi ha 3 calderes YGNIS que subministren calor a tota l'Escola i, tot i tenir dades de potència, no es disposa de la informació adequada per saber quina part d'aquesta potència va destinada al Pavelló I. A més, la calor generada per la bateria i impulsada per la turbina arriba als recintes a través de reixes d'impulsió (una per cada recinte), però aquests elements no estan disponibles al CE3X. Per atribuir la potència destinada a l'Edifici I, el que s'ha fet és assignar un rati de potència de  $110\text{W/m}^2$  i multiplicar aquest rati per l'àrea coberta, corresponent al vestíbul i als despatxos de la Planta 1.

Tot i la simplicitat d'aquest procediment i sabent que no és del tot correcte, resulta la única opció possible donada la centralització de les calderes i la manca d'informació.

### Instalaciones del edificio

- ☐ Equipo de ACS  
☒ Equipo de sólo calefacción  
☐ Equipo de sólo refrigeración  
☐ Equipo de calefacción y refrigeración  
☐ Equipo mixto de calefacción y ACS  
☐ Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS
- ☐ Contribuciones energéticas  
☐ Equipos de iluminación  
☐ Equipos de aire primario

### Equipo de sólo calefacción

Nombre	YGNIS	Zona	Edificio Objeto
<b>Características</b>		<b>Demanda cubierta</b>	
Tipo de generador	Caldera Estándar	Superficie (m <sup>2</sup> )	1070.66
Tipo de combustible	Gas Natural	Porcentaje (%)	18.5
<b>Rendimiento medio estacional</b>		<b>Rendimiento medio estacional</b>	
Rendimiento estacional	Estimado según Instalación	Rendimiento medio estacional	68.4 %
Potencia nominal	117.75 kW		
Carga media real ßomb	0.2 ?	Aislamiento de la caldera	Antigua con mal aislamiento
Rendimiento de combustión	89 %		

Fig. I. 17. Imatge de com s'ha definit la caldera que subministra la calefacció.

## Expansió Directe Biblioteca

La biblioteca es climatitza amb un sistema d'expansió directa amb recuperador de calor d'aire primari. Aquest sistema està format per tres màquines de la marca YORK, dues són del model B1-IH-240A50A i l'altra del model B3-CH-120A-46A. Tenen una potència de 63,9 i 34,9kW respectivament.

Donat que el nostre edifici ha estat definit com un petit terciari, no es té accés a definir l'aire primari, per tant definirem aquest equip com un equip mixt de calefacció i refrigeració, l'antiguitat dels equips és anterior a l'any 2013, el que ajuda a acotar els rendiments de calefacció i refrigeració. I pel que fa a l'àrea coberta, s'ha fet percentual en funció de la potència nominal, de manera que les corresponents a la potència de 63,9kW cobreixen una àrea de 402,47 m<sup>2</sup>, i la de 34,9kW cobreix 219,81 m<sup>2</sup>.

**Equipo de calefacción y refrigeración**

Nombre: YORK 1      Zona: Edificio Objeto

**Características**

Tipo de generador: Bomba de Calor

Tipo de combustible: Electricidad

**Demanda cubierta**

	Calefacción	Refrigeración
Superficie (m2)	402.22	402.22
Porcentaje (%)	6.95	6.95

**Rendimiento medio estacional**

Rendimiento estacional: Estimado según Instalación

Antigüedad del equipo: Entre 1994 y 2013

	Rendimiento nominal	Rendimiento medio estacional
Calefacción	220.0 %	141.2 %
Refrigeración	200.0 %	159.9 %

Fig. I. 18. Imatge de com s'ha definit els equips climatitzadors de la Biblioteca.

## Climatitzador Sala d'Actes

La Sala d'Actes es climatitza amb dues refrigeradores- bombes de calor de la marca HIYASU, situades també a coberta. Són models CSAH/RA/WP/ST 20 i CSAH/RA/WP/ST 18, que actualment ja estan descatalogats. Tenen una potència de 54,91 i 47,58kW respectivament.

A falta d'un sistema que pugui plasmar millor el funcionament de la climatització de la Sala d'Actes, s'introduiran les refrigeradores HIYASU com a un equip mixt de calefacció i refrigeració. L'àrea coberta s'ha fet igual que abans mitjançant els percentatges de la potència nominal, resultant de 181,91 m<sup>2</sup> i 157,6 m<sup>2</sup>. Les dades d'aquests equips de refrigeració, es troben recollides al llistat de l'Annex III.

**Equipo de calefacción y refrigeración**

Nombre: HIYASU 1      Zona: Edificio Objeto

**Características**

Tipo de generador: Bomba de Calor

Tipo de combustible: Electricidad

**Demanda cubierta**

	Calefacción	Refrigeración
Superficie (m2)	181.72	181.72
Porcentaje (%)	3.14	3.14

**Rendimiento medio estacional**

Rendimiento estacional: Estimado según Instalación

Antigüedad del equipo: Entre 1994 y 2013

	Rendimiento nominal	Rendimiento medio estacional
Calefacción	220.0 %	141.2 %
Refrigeración	200.0 %	159.9 %

Fig. I. 19. Imatge de com s'han definit els equips climatitzadors de la Sala d'Actes.

## Equips individuals

La gran majoria d'equips d'instal·lacions d'aquest edifici són unitats individuals de climatització, ja siguin splits, fan-coils, roof-tops o altres tipologies. Alguns són dispositius només de fred però la majoria són bombes de calor. Al no poder especificar la tipologia de l'equip dins del CE3X donada la limitació del programa (a gran terciari sí que permet definir fan-coils), s'ha decidit definir-los conjuntament com a equips mixts de refrigeració i calefacció. Per calcular les àrees corresponents a cada ús, s'ha partit del llistat de l'Annex III i s'han sumat per separat totes les àrees on hi havia equips amb potència frigorífica diferent de 0 i les àrees dels equips que tenien una potència calorífica.

Evidentment aquesta és una manera simplificada que proporciona el programa donades les seves limitacions,

**Equipo de calefacción y refrigeración**

Nombre:  Zona:

**Características**

Tipo de generador:

Tipo de combustible:

**Demanda cubierta**

	Calefacción	Refrigeración
Superficie (m2)	1511.08	1762.83
Porcentaje (%)	26.11	30.46

**Rendimiento medio estacional**

Rendimiento estacional:

Antigüedad del equipo:

	Rendimiento nominal	%	Rendimiento medio estacional	%
<b>Calefacción</b>	220.0	%	141.2	%
<b>Refrigeración</b>	200.0	%	159.9	%

Fig. I. 20. Imatge de com s'han definit els equips climatitzadors individuals.

## ACS

Pel que fa a l'ACS, l'edifici compta amb dos calderes de gas que subministren aigua als vestidors del gimnàs de la Planta -1. Aquesta demanda coberta ja s'ha definit dins les dades generals, sent aquesta de 3360 l/dia. El programa doncs, obliga que l'equip definit d'ACS cobreixi el 100% de superfície, ja que considera únicament els l/dia de la demanda coberta a dades generals. Citant del manual de la referència [1]: "El programa precisa que la demanda d'ACS es trobi coberta al 100% encara que no sigui amb un únic equip. En el cas de que existeixin varis generadors, s'indicarà el percentatge de demanda global o la superfície habitable associada a la demanda coberta que s'està descrivint.

### Equipo de ACS

Nombre	Equipo ACS 1	Zona	Edificio Objeto
<b>Características</b>		<b>Demanda cubierta</b>	
Tipo de generador	Caldera Estándar	ACS	
Tipo de combustible	Gas Natural	Superficie (m2)	2893.68
		Porcentaje (%)	50
<b>Rendimiento medio estacional</b>			
<b>Rendimiento estacional</b>	Estimado según Instalación	<b>Rendimiento medio estacional</b>	68.9 %
Potencia nominal	35 kW		
Carga media real fcomb	0.25 ?	Aislamiento de la caldera	Antigua con mal aislamiento
Rendimiento de combustión	90.0 %		

Fig. I. 21. Imatge de com s'han definit els equips d'ACS.

## II·luminació

Respecte la il·luminació, no s'ha obtingut cap tipus d'informació dels equips instal·lats, tot i que es sap que tots els fluorescents de l'Edifici I són de 18W o de 36W, de manera que s'ha creat un inventari contant totes les pantalles dels recintes que s'ha tingut accés i estimant les que no s'ha tingut accés, a continuació es mostra l'inventari a la taula de la Fig. I. 22 i la potència total consumida a la taula de la Fig. I. 23:

Inventari	1x36W	2x36W	4x36W	4x18W
Vestíbul PI 0		18	18	
Consergeria		3		
Passadís aula capella		20		
Vestíbul PI 1			4	31
Lavabos	4			
Despatxs PI 1				136
SIAE			9	
Despatxs PI 0			9	28
Biblio	153	91		
Gimnàs			30	18
<b>TOTAL</b>	<b>157</b>	<b>132</b>	<b>70</b>	<b>213</b>

Fig. I. 22. Taula amb l'inventari de les pantalles fluorescents.

	Nombre pantalles	Potència pantalla (W)	Potència total (kW)
Pantalles 1x36W	157	49	7,693
Pantalles 2x36W	132	85	11,22
Pantalles 4x36W	70	157	10,99
Pantalles 4x18W	213	85	18,105
<b>TOTAL</b>			<b>48,008</b>

Fig. I. 23. Taula amb els consums de l'enllumenat.

Tenint els valors de consum, es poden entrar directament al programa posant la potència instal·lada de l'equip, això però provoca un augment molt significatiu de la demanda de refrigeració i del valor de les emissions, assumint per tant que el programa associa la potència consumida per la il·luminació com si s'estigués alliberant calor. Per tant, per poder definir els fluorescents, es defineixen dues zones, una corresponent al 80% de la superfície amb 500 lux i l'altre al 20% amb 300lux, fent referència en aquest segon cas a la zona dels passadissos, que no es necessària tanta il·luminació.

#### Equipos de iluminación

Nombre  Zona

**Características**

Superficie zona  m2

**Eficiencia energética**

☐ Zona de representación Actividad

Definir características

Tipo de equipo

Iluminancia media horizontal  lux

Fig. I. 24. Imatge de com s'ha definit l'enllumenat.

A continuació es genera la certificació. Aquesta es mostra a l'Annex II com el Document de Certificació del CE3X, on en primer lloc s'exposen els resultats de la certificació de l'edifici actual i a continuació la certificació implementant les propostes de millora escollides i els respectius estalvis energètics.

## **Annex II. Document Certificació del CE3X**

## CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

### IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Edifici I - ETSEIB		
Dirección	Av Diagonal, 647		
Municipio	Barcelona	Código Postal	08028
Provincia	Barcelona	Comunidad Autónoma	Cataluña
Zona climática	C2	Año construcción	1964
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Anterior a la NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	602071DF2862A0001WZ		

### Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Unifamiliar</li> <li><input type="radio"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Bloque completo</li> <li><input type="radio"/> Vivienda individual</li> </ul> </li> </ul>	<input checked="" type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Edificio completo</li> <li><input type="radio"/> Local</li> </ul>

### DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Laia Pons	NIF(NIE)	.
Razón social	Treball de Fi de Grau	NIF	.
Domicilio	.		
Municipio	.	Código Postal	.
Provincia	Barcelona	Comunidad Autónoma	Cataluña
e-mail:	.	Teléfono	.
Titulación habilitante según normativa vigente	.		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO <sub>2</sub> / m² año]

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 22/08/2018

Firma del técnico certificador

**Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.

**Anexo II.** Calificación energética del edificio.

**Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

**Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:

Fecha  
Ref. Catastral

07/09/2018  
602071DF2862A0001WZ

Página 1 de 7



## ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

### 1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

<b>Superficie habitable [m²]</b>	5787.35
<b>Imagen del edificio</b>	<b>Plano de situación</b>
	

### 2. ENVOLVENTE TÉRMICA

#### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m²]	Transmitancia [W/m²·K]	Modo de obtención
FA N	Fachada	209.9	2.38	Por defecto
FA E	Fachada	87.2	2.38	Por defecto
FA O	Fachada	29.32	2.38	Por defecto
FA S	Fachada	180.74	2.38	Por defecto
FB N	Fachada	89.8387	1.57	Conocidas
FB O	Fachada	51.787	1.57	Conocidas
FB S	Fachada	189.8925	1.57	Conocidas
Tancaments Interiors	Partición Interior	525.0692	0.82	Estimadas
F Planta-1	Fachada	828.7768	1.03	Estimadas
Cubierta con aire	Cubierta	2593.07	0.80	Conocidas
Suelo con terreno	Suelo	1475.71	1.00	Por defecto

#### Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m²]	Transmitancia [W/m²·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
N marcs+%lams	Hueco	232.32	5.71	0.20	Conocido	Conocido
vidres N sense marcs	Hueco	91.72	5.70	0.22	Conocido	Conocido
N sense marcs	Hueco	117.3845	5.70	0.22	Conocido	Conocido
O marcs+lams	Hueco	72.6	5.71	0.21	Conocido	Conocido
E marcs	Hueco	56.16	5.71	0.20	Conocido	Conocido

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
E sense marcs+lamas	Hueco	56.16	5.70	0.22	Conocido	Conocido
vidres S sense marcs	Hueco	108.9	5.70	0.22	Conocido	Conocido
S marcs+%lamas	Hueco	217.8	5.71	0.21	Conocido	Conocido
O sense marcs	Hueco	33.955	5.70	0.22	Conocido	Conocido
S sense marcs	Hueco	56.50745	5.70	0.22	Conocido	Conocido

### 3. INSTALACIONES TÉRMICAS

#### Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
YGNIS	Caldera Estándar	117.75	68.4	Gas Natural	Estimado
HIYASU 1	Bomba de Calor		141.2	Electricidad	Estimado
HIYASU 2	Bomba de Calor		141.2	Electricidad	Estimado
YORK 1	Bomba de Calor		141.2	Electricidad	Estimado
YORK 2	Bomba de Calor		141.2	Electricidad	Estimado
YORK 3	Bomba de Calor		141.2	Electricidad	Estimado
Equips refrigeració	Bomba de Calor		141.2	Electricidad	Estimado
<b>TOTALES</b>	<b>Calefacción</b>				

#### Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
HIYASU 1	Bomba de Calor		159.9	Electricidad	Estimado
HIYASU 2	Bomba de Calor		159.9	Electricidad	Estimado
YORK 1	Bomba de Calor		159.9	Electricidad	Estimado
YORK 2	Bomba de Calor		159.9	Electricidad	Estimado
YORK 3	Bomba de Calor		159.9	Electricidad	Estimado
Equips refrigeració	Bomba de Calor		159.9	Electricidad	Estimado
<b>TOTALES</b>	<b>Refrigeración</b>				

#### Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

<b>Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)</b>	3360.0
---	--------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Equipo ACS 1	Caldera Estándar	35	68.9	Gas Natural	Estimado
Equipo ACS 2	Caldera Estándar	35	74.1	Gas Natural	Estimado
<b>TOTALES</b>	<b>ACS</b>				

**4. INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN (sólo edificios terciarios)**

Espacio	Potencia instalada [W/m²]	VEEI [W/m²·100lux]	Iluminación media [lux]	Modo de obtención
Edificio Objeto	4.57	1.52	300.00	Estimado
Edificio Objeto	7.61	1.52	500.00	Estimado
<b>TOTALES</b>	<b>7.00</b>			

**5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN (sólo edificios terciarios)**

Espacio	Superficie [m²]	Perfil de uso
Edificio	5787.35	Intensidad Media - 12h


**6. ENERGÍAS RENOVABLES****Eléctrica**

Nombre	Energía eléctrica generada y autoconsumida [kWh/año]
Fotovoltaicas	4900.0
<b>TOTAL</b>	<b>4900.0</b>

## ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	C2	Uso	Intensidad Media - 12h
----------------	----	-----	------------------------

### 1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES					
 <div>&lt; 13.6 <b>A</b></div> <div>13.6-22.1 <b>B</b></div> <div>22.1-34.0 <b>C</b></div> <div>34.0-44.3 <b>D</b></div> <div>44.3-54.5 <b>E</b></div> <div>54.5-68.1 <b>F</b></div> <div>≥ 68.1 <b>G</b></div>	36.8 D	CALEFACCIÓN		ACS			
		Emisiones calefacción [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	G	Emisiones ACS [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	F		
		23.43		3.99			
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN			
		Emisiones globales [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]		Emisiones refrigeración [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	A	Emisiones iluminación [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	B
				1.44		8.22	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	19.42	112382.03
Emisiones CO <sub>2</sub> por otros combustibles	17.38	100609.21

### 2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES					
<div>&lt; 74.1 A</div> <div>74.1-120.4 B</div> <div>120.4-185.2 C</div> <div>185.2-240.7 D</div> <div>240.7-296.3 E</div> <div>296.3-370.3 F</div> <div>≥ 370.3 G</div>	196.7 D	CALEFACCIÓN		ACS			
		Energía primaria calefacción [kWh/m² año]	G	Energía primaria ACS [kWh/m² año]	E		
		122.50		18.85			
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN			
		Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]		Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]	A	Energía primaria iluminación [kWh/m² año]	B
				8.49		48.54	

### 3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
<div><div>&lt; 6.7 A</div><div>6.7-11.0 B</div><div>11.0-16.9 C</div><div>16.9-21.8 D</div><div>21.9-27.0 E</div><div>27.0-33.7 F</div><div>≥ 33.7 G</div></div>	<div>86.2 G</div>	<div><div>&lt; 11.1 A</div><div>11.1-18.0 B</div><div>18.0-27.7 C</div><div>27.7-38.6 D</div><div>38.6-44.4 E</div><div>44.4-55.5 F</div><div>≥ 55.5 G</div></div>	<div>7.7 A</div>
Demanda de calefacción [kWh/m² año]		Demanda de refrigeración [kWh/m² año]	

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

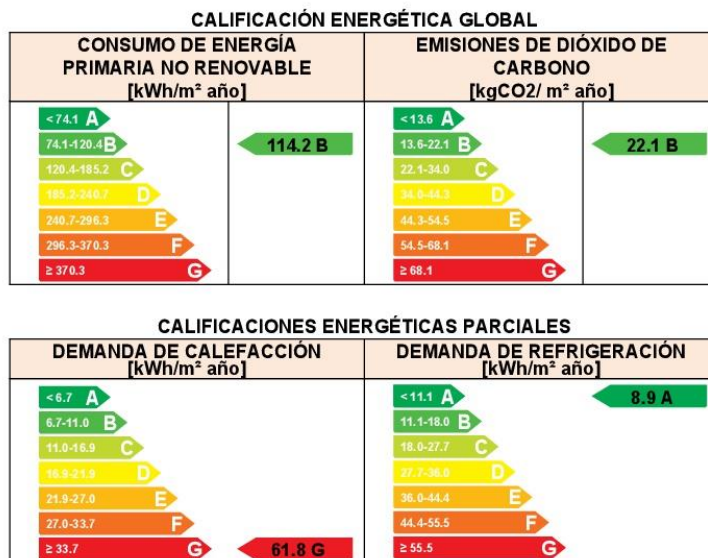
Fecha 07/09/2018  
Ref. Catastral 602071DF2862A0001WZ

Página 5 de 7



### ANEXO III RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

#### Conjunt de millores



#### ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	59.86	28.3%	5.06	-16.4%	15.84	0.0%	20.21	18.6%	79.53	37.7%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	87.85	G 28.3%	9.88	A -16.4%	18.85	E 0.0%	39.49	A 18.6%	114.17	B 42.0%
Emisiones de CO <sub>2</sub> [kgCO <sub>2</sub> /m² año]	16.80	G 28.3%	1.67	A -16.4%	3.99	F 0.0%	6.69	A 18.6%	22.06	B 40.1%
Demanda [kWh/m² año]	61.83	G 28.3%	8.91	A -16.4%						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

#### DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA

##### Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)

En les millores següents, s'han implementat uns vidres fotovoltaics a les façanes sud, est i oest, un aïllament SATE per l'exterior i s'ha canviat l'enllumenat de les pantalles fluorescents per tubs LED.

##### Coste estimado de la medida

-

##### Otros datos de interés



## **Annex III. Característiques dels equips de climatització**

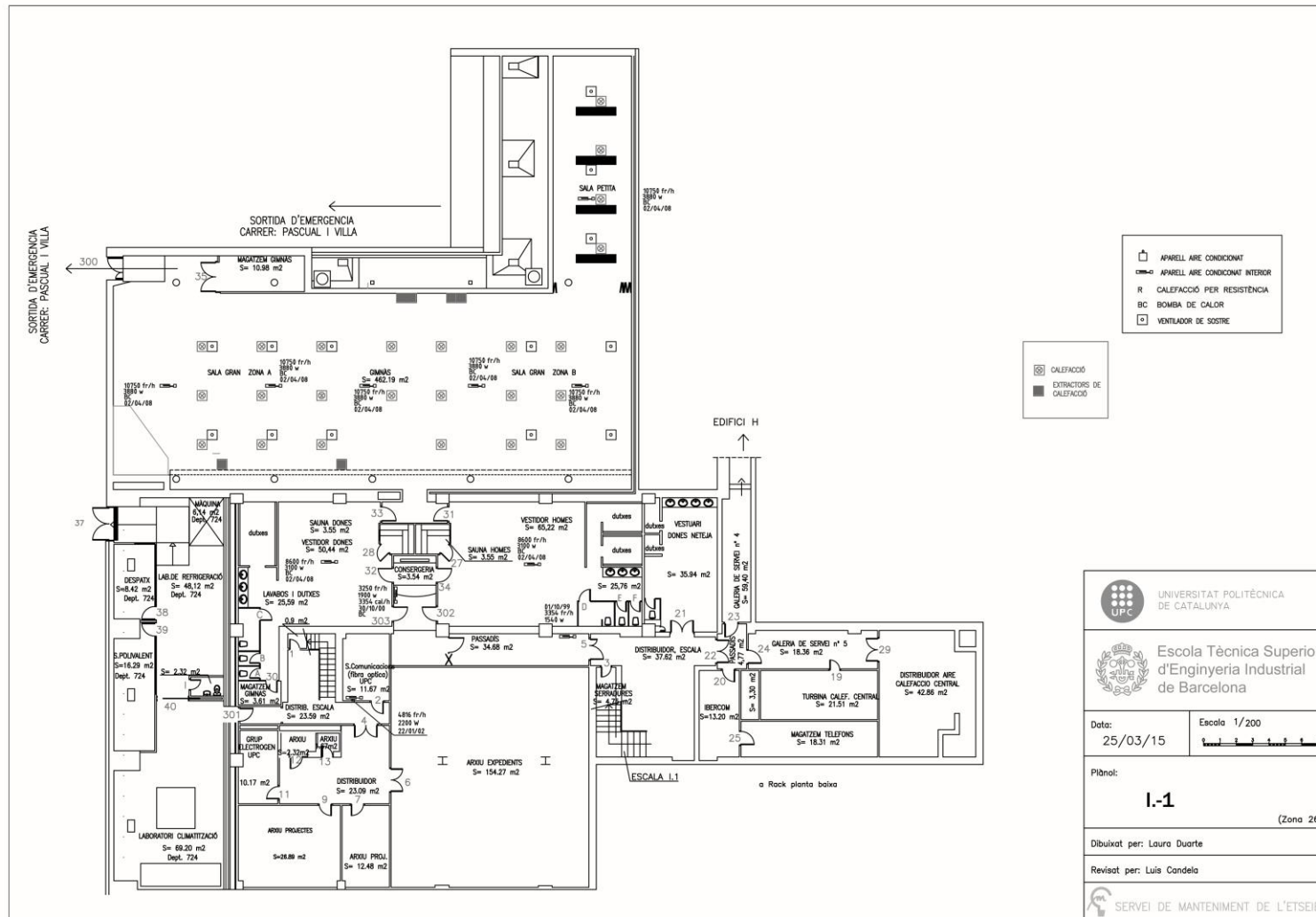
Numeració	Nom	Planta	Superfície útil	Cabal ventilació CYPE	Màquina				Potència frigorífica	Potència calorífica	Consum	Cabal màquina
			(m2)	(m3/h)	Tipologia	Marca	Model	Num.	(kW)	(W)	(kW)	(m3/h)
2	Sala comunicacions	Planta -1	11,67	62,28	Cònsola	Mitsubishi	PKA-RP60KAL	1	6,001	0,00	1,54	1080
32/34	Consergeria	Planta -1	3,54	128,15	Sostre	Mitsubishi	PLH-1,6-KKHV	1	3,780	3,78	1,90	720
302	Vestidor homes	Planta -1	65,22	1561,92	Sostre	Mitsubishi	PLA-RP125BA	1	10,002	11,20	3,10	1740
303	Vestidor dones	Planta -1	50,44	1325,45	Sostre	Mitsubishi	PLA-RP125BA	1	10,002	11,20	3,10	1740
Numeració	Nom	Planta	Superfície útil	Cabal ventilació CYPE	Màquina				Potència frigorífica	Potència calorífica	Consum	Cabal màquina
			(m2)	(m3/h)	Tipologia	Marca	Model	Num.	(KW)	(KW)	(KW)	(m3/h)
5	Consergeria	Planta Baixa	12,47	62,05	Sostre	Mitsubishi	PLH-1,6-KKHV	1	3,489	3,49	1,76	720
15	SIAE	Planta Baixa	237,52	1193,72	Cònsola x5	General	ABH24LBAJ x5	5	36,406	42,01	13,20	6300
22	Office	Planta Baixa	28,32	149,55	Cònsola	General	AUH-18-LBAB	1	4,700	4,80	1,60	870
29	Sala d'Exposicions	Planta Baixa	204,78	5179,38	Cònsola	Daikin	FHY125FJ7V1	2	27,910	27,91	8,00	4680
31	Taller	Planta Baixa	28,42	418,39	Finestra	Fuji	RL 27	1	7,900	0,00	3,07	1260
32	Aula Capella	Planta Baixa	162,93	4756,52	Cònsola x4	Daikin	FHQ71BUU1B	4	55,824	55,82	14,40	9360
37	Magatzem consergeria	Planta Baixa	16,85	78,77	Cònsola	General	ASH-09-VSCCW	1	2,600	2,95	1,00	720
39	Oficina Relacions Internacionals	Planta Baixa	54,28	253,54	Sostre	General	AUHA-18-LALN	1	5,201	6,00	2,10	870
40	Despatx doctorat 2	Planta Baixa	45,24	229,16	Sostre	Daikin	FCQ-71-C7VEB	1	7,100	7,77	2,61	1260
41	Despatx doctorat 4	Planta Baixa	19,97	102,96	Sostre	Daikin	FCQ-50-B8V1B	1	4,700	5,50	1,96	870
42	Despatx doctorat 1	Planta Baixa	12,45	57,99	Sostre	Daikin	FCQ-25-B8V1B	1	2,500	3,20	0,92	720
43	Sala de reunions doctorat	Planta Baixa	11,35	50,52	Sostre	Daikin	FTXS-25-G2V1B	1	2,500	3,40	0,75	720
44	Despatx doctorat 3	Planta Baixa	23,39	121,73	Finestra	Sanyo/Roca	-	1	5,230	0,00	2,50	870
45	Despatx Oficina Tècnica Manteniment	Planta Baixa	35,66	180,36	Consola	Panasonic	CS-1873KE	2	10,440	11,15	5,10	1740
56	Sala de projecció	Planta Baixa	21,25	348,6	Cònsola	Roca	AVO/BLI-70	1	7,100	7,10	3,00	1260
58	Sala d'Actes	Planta Baixa	339,51	10614,56	Grup 1 i 2	Hiyasu	CSAH/RA/WP/ST 20	2	102,490	102,49	30,00	17901



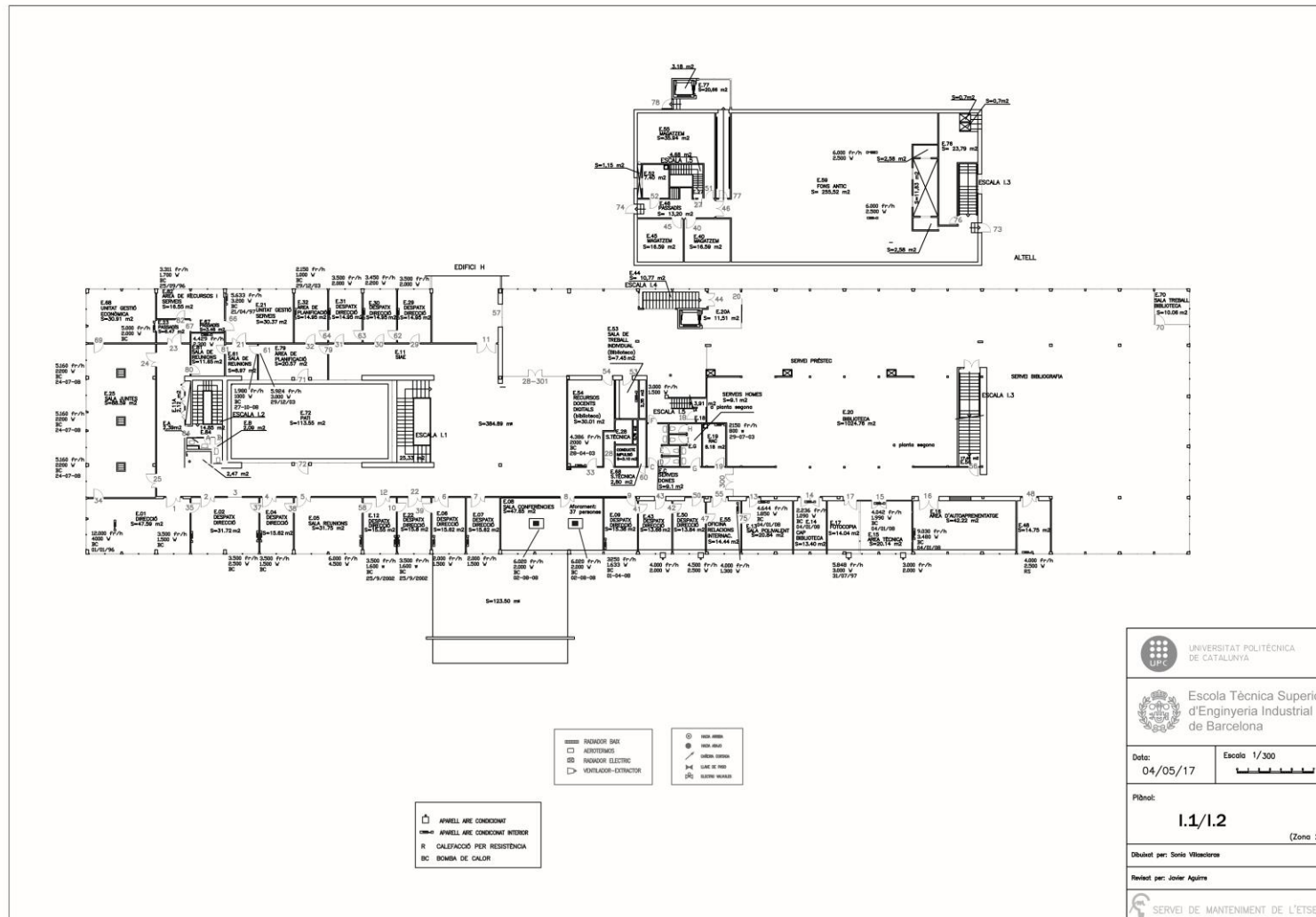
Numeració	Nom	Planta	Superfície útil	Cabal ventilació CYPE	Màquina				Potència frigorífica	Potència calorífica	Consum	Cabal màquina
			(m2)	(m3/h)	Tipologia	Marca	Model	Num.	(KW)	(KW)	(KW)	(m3/h)
1	Despatx direcció 1	Planta 1	47,59	241,83	Sostre	General	UTG-UGGA-W	1	8,500	10,00	2,77	3480,00
2/3	Despatx direcció 2	Planta 1	31,72	158,54	Cònsola	Fujitsu	ALY-22-RBS-W	2	8,141	9,30	4,00	1440,00
4	Despatx direcció 3	Planta 1	15,62	77,34	Cònsola	Fujitsu	MSY14RSC-W	1	4,070	4,65	1,50	720,00
5	Sala de reunions	Planta 1	31,75	720,21	Cònsola	Roca-Sanyo	SBP-Q243GH5	1	6,978	9,54	4,50	1260
6	Despatx direcció 6	Planta 1	15,62	78,12	Cònsola	Roca-Sanyo	-	1	2,326	0,00	1,50	720
7	Despatx direcció 7	Planta 1	15,62	78,86	Cònsola	Roca-Sanyo	-	1	2,326	0,00	1,50	720
8	Sala de conferències	Planta 1	47,65	1437,46	Cònsola	Mitsubishi	PLA-RP71BA	3	17,783	20,59	5,63	3240
10	Despatx direcció 5	Planta 1	15,8	78,85	Cònsola	Daikin	FTY40GV1B	1	4,070	4,07	1,60	720
12	Despatx direcció 4	Planta 1	15,55	78,67	Cònsola	Daikin	FTY40GV1B	1	4,070	4,07	1,60	720
13	Sala Polivalent	Planta 1	20,84	529,95	Cònsola	Fujitsu	ASY-18-BBW	1	5,400	5,70	1,85	870
14	CAP Biblioteca	Planta 1	13,4	74,21	Cònsola	Fujitsu	ASY-9-USCCW	1	2,600	2,95	1,09	720
15	Àrea tècnica	Planta 1	20,14	119,85	Cònsola	Fujitsu	ASY-17-USBQ	1	4,700	5,40	1,99	870
16	Àrea d'autoaprenentatge	Planta 1	42,22	235,15	Cònsola	Fujitsu	ASY-36-UBAS	1	10,500	11,80	3,48	1740
17	Fotocopiadora	Planta 1	14,04	74,04	Cònsola	Daitso	DS-12-UIEK	1	6,801	0,00	3,00	1080
19	RAC	Planta 1	8,18	41,86	Cònsola	Daikin	FTK25BVMB	1	2,500	0,00	0,80	720
20	Biblioteca	Planta 1	1024,76	22722,81	Grup 1, 2 i 3	York	B1-HI-240A50A	3	60,210	63,91	15,00	-
									60,210	63,91	15,00	-
									34,890	34,89	5,60	-
21	Unitat de gestió de serveis	Planta 1	30,37	153,62	Cònsola	Panasonic	CS-24-73-KE	1	6,550	6,75	3,20	1080
25	Sala de Junes	Planta 1	88,59	2001,61	Sostre	Daikin	FFQ-60-38V1B	3	18,003	21,00	6,60	2610
29	Despatx direcció 13	Planta 1	14,95	75,27	Cònsola	Panasonic	CS-RE12NKE	1	3,500	4,25	1,10	720
30	Despatx direcció 12	Planta 1	14,95	76,82	Cònsola	Roca/Sanyo	-	1	4,012	0,00	2,20	720
31	Despatx direcció 11	Planta 1	14,95	75,27	Cònsola	Roca/Sanyo	-	1	4,070	0,00	2,00	720
32	Àrea de planificació	Planta 1	14,96	76,05	Cònsola	General	ASH-9-RSJCW	1	2,500	2,95	1,00	720
43	Despatx direcció 9	Planta 1	13,66	76,78	Finestra	Panasonic	-	1	4,652	0,00	2,00	870
48	Sala d'estudi	Planta 1	14,75	80,57	Cònsola	Roca	-	1	4,652	0,00	2,50	870
50	Despatx direcció 10	Planta 1	13,84	76,28	Finestra	-	-	1	5,233	0,00	2,50	870
53	Sala de treball individual	Planta 1	7,45	255,64	Cònsola	-	-	1	3,498	0,00	1,50	720
54	Recursos docents digitals	Planta 1	30,01	702,07	Cònsola	Daitso	DS-18UIEK-2	1	2,575	5,80	1,50	720
55	Oficina Relacions Internacionals	Planta 1	14,44	77,96	Cònsola	Fujitsu	ASY18AAF-W	1	4,652	0,00	1,30	870
67/82	Àrea de recursos i serveis	Planta 1	16,55	83,41	Cònsola	Fujitsu	ASY-14-RSD-W	1	3,850	4,07	1,71	720
68	Unitat de Gestió Econòmica	Planta 1	30,91	154,96	Cònsola	General	ASHG-30-LFCA	1	8,010	8,80	3,61	1260
79	Àrea de planificació	Planta 1	29,57	158,74	Cònsola	General	ASG-24-EBA-W	2	9,192	0,00	4,00	1740
81	Sala de reunions	Planta 1	11,65	270,03	Cònsola	Roca	-	1	5,150	0,00	2,30	870

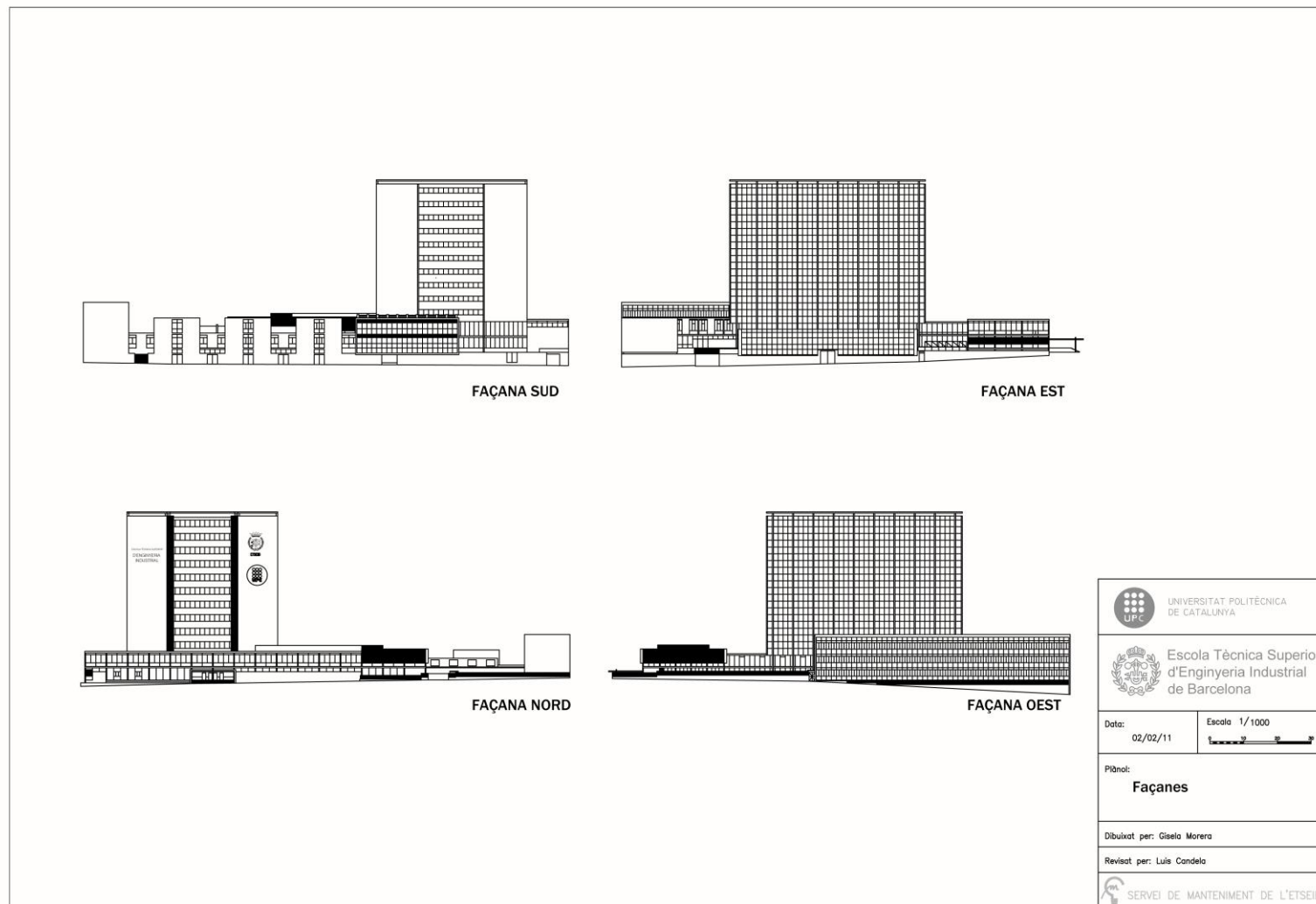


## **Annex IV. Documentació Gràfica**













## **Annex V. Dades tècniques**

## Fitxa tècnica vidres actuals

**AGC** Your Glass

\$propertyEntry.value

18-06-2018

### Your composition:

6 mm Planibel Clearlite

Personal notes:

#### LIGHT

Transmission	89
Reflection	8

#### ENERGY

Solar factor	86
Reflection	7

#### LIGHT PROPERTIES

EN 410

Light Transmission - $\tau_v$ (%)	89
Light Reflection - $\rho_v$ (%)	8
Internal light reflection - $\rho_{vi}$ (%)	8
Colour Rendering - RD65 - $R_a$ (%)	99



#### ENERGY PROPERTIES

EN 410

ISO 9050

Solar factor - $g$ (%)	86	86
Energy Reflection - $\rho_e$ (%)	7	7
Direct Energy Transmission - $\tau_e$ (%)	85	84
Total Energy absorption - $\alpha_e$ (%)	8	9
Shading coefficient - SC	0.99	0.99
UV Transmission - UV (%)	64	
Selectivity	1.03	1.03

#### OTHER PROPERTIES

Resistance to fire - EN 13501-2	NPD
Reaction to fire - EN 13501-1	A1
Bullet Resistance - EN 1063	NPD
Burglar Resistance - EN 356	NPD
Pendulum body impact resistance - EN 12600	NPD

#### THERMAL PROPERTIES

EN 673

$U_g$ [W/(m <sup>2</sup> .K)] - Vertical	5.7
--	-----

#### ACOUSTIC PROPERTIES

Direct airborne sound insulation ( $R_w$ (C;Ctr) - EN 12758) - dB	31 (-2; -3) <sup>(1)</sup>
---	----------------------------

#### THICKNESS AND WEIGHT

Nominal thickness (mm)	6
Weight (kg/m <sup>2</sup> )	15

The data are calculated using spectral measurements that are conform to standards EN 410, ISO 9050 (1990) and WISWINDAT. The  $U_g$ -value (formerly  $k$ -value) is calculated according to standard EN 673. The emissivity measurement complies with standards EN 673 (Annex A) and EN 12698. This document is no evaluation of the risk of glass breakage due to thermal stress. For tempered glass: the risk of spontaneous breakage due to Nickel-Sulfide is not covered by AGC Glass Europe. The Heat Soak Test is available on request. Specifications, technical and other data are based on information available at the time of preparation of this document and are subject to change without notice. AGC Glass Europe can not be held responsible for any deviation between the data introduced and the conditions on site. This document is only informative, in no way it implies an acceptance of the order by AGC Glass Europe. While the AGC Glass Configurator allows for accurate measurement of the above performances, the AGC Glass Configurator does not create any supplementary liability on the part of AGC with regard to the AGC products delivered to customers. AGC's liability remains limited to the AGC products manufactured and delivered by AGC only. The user of the AGC Glass Configurator undertakes to provide clear and comprehensive information and to refrain from any misleading commercial practice which would be likely to deceive the customers as to the manufacturer of the products it purchases. The user of the AGC Glass Configurator undertakes to indemnify and hold harmless AGC from and against any and all claims, costs and damages arising out of, or relating to improper / misleading use of the AGC Glass Configurator. See also conditions of use. (1) These sound reduction indexes correspond to glazings which are 1,23 by 1,48 m according to EN ISO 10140-3 and are tested in laboratory conditions. In-situ performances may vary according to the effective glazing dimensions, frame system, noise sources etc. The accuracy of the given indexes is not better than  $\pm 1$  dB. (2) These sound reduction indexes are estimated (no test). They correspond to glazings which are 1,23m. by 1,48 m. In-situ performances may vary according to the effective glazing dimensions, frame system, noise sources etc. The accuracy of the given indexes is  $\pm 2$  dB.

**AGC**

## Fitxa tècnica làmines solars actuals

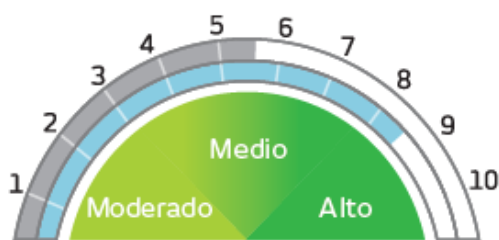
## Silver 20

## PROPIEDADES ÓPTICAS Y SOLARES

	Cristal Simple	Cristal Doble
LUZ VISIBLE TRANSMITIDA	18 %	17 %
LUZ VISIBLE REFLEJADA - INT	62 %	62 %
LUZ VISIBLE REFLEJADA - EXT	61 %	61 %
RADIACIÓN UV RECHAZADA	99 %	99 %
TOTAL ENERGÍA SOLAR REFLEJADA	55 %	49 %
TOTAL ENERGÍA SOLAR TRANSMITIDA	13 %	12 %
TOTAL ENERGÍA SOLAR ABSORBIDA	32 %	38 %
EMISIVIDAD	0.71	0.71
REDUCCIÓN DEL DESLUMBRAMIENTO	80 %	79 %
COEFICIENTE DE SOMBRA	0.25	0.35
FACTOR SOLAR (G-value)	0.22	0.30
VALOR-U Invierno (IP)	0.97	0.46
VALOR-U Invierno (SI)	5.51	2.62
EFICACIA LUMINOSA	0.72	0.49
TOTAL ENERGÍA SOLAR RECHAZADA	78 %	70 %

R06922W - Silver 20 Water Activated Adhesive

R05822S - Silver 20 Pressure Sensitive Adhesive



Cristal simple Cristal doble

eficiencia energética



Ed-C DS No 1190 August 2011

## Fitxa tècnica vidres Sunergy proposats

AGC Your Glass

\$propertyEntry.value

20-08-2018

### Su composición:

6 mm Sunergy Dark Blue pos.2

Notas personales:

LUZ		Energía	
Transmisión	40	Factor solar	37
Reflexión	6	Reflexión	5

CARACTERÍSTICAS LUMINOSAS		EN 410
Transmisión luminosa - $\tau_v$ (%)		40
Reflexión luminosa - $\rho_v$ (%)		6
Reflexión Int. - $\rho_{vi}$ (%)		9
Índice de rendimiento de los colores - RD65 - Ra (%)		78



PROPIEDADES TÉRMICAS		EN 673
Valor Ug [W/(m².K)] - Vertical		4.1

CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS		EN 410	ISO 9050
Solar factor - g (%)		37	37
Reflexión Energética - $\rho_e$ (%)		5	6
Transmisión de Energía Directa - $\tau_e$ (%)		26	24
Absorción Energética total - $\alpha_e$ (%)		69	70
Coefficiente de sombra - SC		0.43	0.42
Transmisión Ultravioleta - UV (%)		17	
Selectividad		1.08	1.08

### OTRAS CARACTERÍSTICAS

Resistencia al fuego - EN 13501-2	NPD
Reacción al fuego - EN 13501-1	A1
Resistencia a las balas - EN 1063	NPD
Resistencia a la agresión - EN 356	NPD
Resistencia al impacto de cuerpo pendular - EN 12600	NPD

### PROPIEDADES ACÚSTICAS

Aislamiento al ruido aéreo directo ( $R_w$ (C;Ctr) - EN 12758) - dB	31 (-2; -3) <sup>(1)</sup>
---	----------------------------

### GROSOR Y PESO

Espesor nominal (mm)	6
Peso (kg/m²)	15

Los datos se calculan tomando como base las medidas espectrales de conformidad con las normas EN 410, ISO 9050 (1990) e WIS/WINDAT. El coeficiente U (antes valor k) se calcula de conformidad con la norma EN 673. La medición de la emisividad se hace de conformidad con las normas EN 673 (anexo A) y EN 12898. Este documento no es una evaluación del riesgo de rotura del vidrio debida a un choque térmico. Para el vidrio templado: el riesgo de rotura espontánea debida a inclusiones de sulfuro de níquel no está cubierto por AGC Glass Europe. El Heat Soak Test se realizará bajo petición. Todas las especificaciones, datos técnicos y otros datos están basados en la información disponible en el momento de la preparación del presente documento y están sujetos a modificaciones sin previo aviso. AGC Glass Europe no puede considerarse responsable por las diferencias entre los datos introducidos y las condiciones in situ. Este documento se emite únicamente a título informativo y no puede condicionar, bajo ningún concepto, un pedido a AGC Glass Europe. Cfr. también las condiciones de utilización. (1) Estos índices son representativos del rendimiento en laboratorio de un acristalamiento de 1,23m por 1,48m según la norma EN ISO 10140-3. Los rendimientos in-situ pueden diferir en función de las dimensiones efectivas del acristalamiento, de las condiciones de colocación, del entorno acústico, etc... La precisión de los índices no es superior a +/- 1dB. (2) Estos índices de reducción acústica son estimados. Estos índices son representativos del rendimiento en laboratorio de un acristalamiento de 1,23 m por 1,48 m. Los rendimientos in-situ pueden diferir en función de las dimensiones efectivas del acristalamiento, de las condiciones de colocación, del entorno acústico, etc... La precisión de los índices no es superior a +/- 2 dB.

**AGC**

GLASS UNLIMITED

www.yourglass.com

©2016 AGC Glass Europe

## Fitxa tècnica vidres fotovoltaics

## ALTA DENSIDAD EN LAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

CONFIGURACIÓN DE GROSOR (mm)**	Coeficiente de Ganancia Solar (SHGC)	Valor U m2	Valor U ft <sup>2</sup>	Reflejo de luz externa	Transparencia
	%	**W/m <sup>2</sup> K	Btu/h ft <sup>2</sup> F	%	%
6T+6T*	27%	5,5	0.97	8,3%	15,0%
6T+6T/12Air/6T	9%	2,7	0.48	8,3%	15,0%
6T+6T/12Air/6T low-e	7%	1,6	0.28	8,3%	15,0%
6T+6T/12Argon/6T low-e	7%	1,2	0.21	8,3%	15,0%
6T+6T/12Argon/4/12Argon/6T low-e	7%	1,0	0.18	8,3%	15,0%

## BAJA DENSIDAD EN LAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

CONFIGURACIÓN DE GROSOR (mm)**	Coeficiente de Ganancia Solar (SHGC)	Valor U m2	Valor U ft <sup>2</sup>	Reflejo de luz externa	Transparencia
	%	**W/m <sup>2</sup> K	Btu/h ft <sup>2</sup> F	%	%
6T+6T	40%	5,5	0.97	8,3%	38,0%
6T+6T/12Air/6T	22%	2,7	0.48	8,3%	38,0%
6T+6T/12Air/6T low-e	20%	1,6	0.28	8,3%	38,0%
6T+6T/12Argon/6T low-e	20%	1,2	0.21	8,3%	38,0%
6T+6T/12Argon/4/12Argon/6T low-e	20%	1,0	0.18	8,3%	38,0%

\* Estos valores son válidos con cambios mínimos en la configuración del grosor, como 4T + 3,2 + 4T en lugar de 6T + 3,2 + 6T y 4T + 4T, 8T + 8T en lugar de 6T + 6T.

\*\* El espesor de la capa de vidrio interna no cambia el valor U, por lo que son válidos tanto 6T como 4 + 4.

\*SHGC (Solar Heat Gain Coefficient) conegut també com a valor “g” o factor solar. Aquest coeficient ens indica la quantitat d’energia que un vidre deixa passar a l’interior d’un edifici respecte la que incideix en forma de radiació solar.

Enllumenat actual



MASTER TL-D Super 80

MASTER TL-D Super 80 18W/840 1SL/25

La MASTER TL-D Super 80 ofrece más lúmenes por vatio y mejor reproducción del color que los colores estándar TL-D. Además, tiene un menor contenido de mercurio. La lámpara se puede utilizar en luminarias TL-D existentes.

Datos del producto

Información general			
Base de casquillo	G13 [ Medium Bi-Pin Fluorescent]	LLMF 8000h nominal, horiz.	93 %
Fallos vida útil hasta 10% (nom.)	12000 h	LLMF 12000h nominal, horiz.	92 %
Fallos vida útil hasta 50% (nom.)	15000 h	LLMF 16000h nominal, horiz.	91 %
Fallos vida útil hasta el 50% precalentamiento (nom.)	20000 h	LLMF 20000h nominal, horiz.	90 %
SSF 2.000 h nom, ciclo 3 h	99 %	Operativos y eléctricos	
LSF 4.000 h nom, ciclo 12 h	99 %	Power (Radiac) (Nom)	18 W
LSF 6.000 h nom, ciclo 12 h	99 %	Corriente de lámpara (nom.)	0.360 A
SSF 8.000 h nom, ciclo 3 h	99 %	Temperatura	
SSF 12.000 h nom, ciclo 3 h	89 %	Temperatura de diseño (nom.)	25 °C
SSF 16.000 h nom, ciclo 3 h	33 %	Controles y regulación	
SSF 20.000 h nom, ciclo 3 h	2 %	Regulable	Sí
Datos técnicos de la luz		Aprobación y aplicación	
Código de color	840 [ CCT de 4000 K (841)]	Etiqueta de eficiencia energética (EEL)	A
Flujo luminoso (nom.)	1350 lm	Contenido de mercurio (Hg) (nom.)	2.0 mg
Flujo luminoso (nominal) (nom.)	1350 lm	Consumo energético kWh/1000 h	22 kWh
Designación de color	Blanco frío (CW)	Datos de producto	
Temperatura del color con correlación (nom.)	4000 K	Código de producto completo	871150063171840
Eficacia luminosa (nominal) (nom.)	75 lm/W	Nombre de producto del pedido	MASTER TL-D Super 80 18W/840
Índice de reproducción cromática -IRC (nom.)	>80		1SL/25
LLMF 2000h nominal, horiz.	96 %		
LLMF 4000h nominal, horiz.	95 %		
LLMF 6000h nominal, horiz.	94 %		

MASTER TL-D Super 80

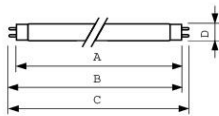
EAN/UPC - Producto	8711500631718
Código de pedido	63171840
Local Code	PHTLD1884
Cantidad por paquete	1
Numerador - Paquetes por caja exterior	25

N.º de material (12NC)	927920084023
Peso neto (pieza)	71.000 g
ILCOS Code	FD-18/40/18-E-G13

Advertencias y seguridad

- Es muy poco probable que la rotura de una lámpara tenga algún efecto en la salud. Si se rompe una lámpara, ventile la habitación durante 30 minutos y retire los restos, preferiblemente con guantes. Colóquelos en una bolsa de plástico sellada y llévela al punto limpio para reciclar de su vecindario. No utilice una aspiradora.

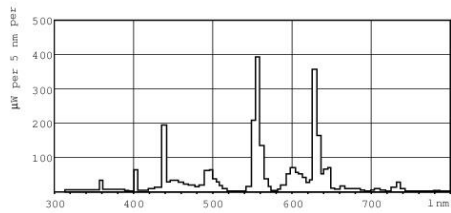
Plano de dimensiones



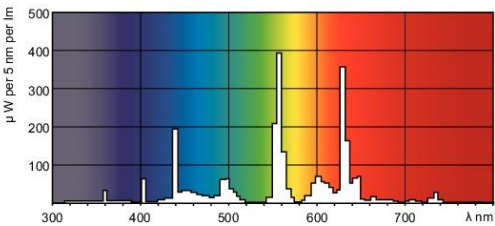
Product	D (max)	A (max)	B (max)	B (min)	C (max)
MASTER TL-D Super 80	28 mm	589.8 mm	595.9 mm	594.5 mm	604 mm
18W/840 1SL/25					

TL-D 18W/840

Datos fotométricos



Designación de color /840



Designación de color /840





## MASTER TL-D Super 80

### MASTER TL-D Super 80 36W/840 1SL/25

La MASTER TL-D Super 80 ofrece más lúmenes por vatio y mejor reproducción del color que los colores estándar TL-D. Además, tiene un menor contenido de mercurio. La lámpara se puede utilizar en luminarias TL-D existentes.

#### Datos del producto

Información general			
Base de casquillo	G13 [ Medium Bi-Pin Fluorescent]	LLMF 8000h nominal, horiz.	93 %
Fallos vida útil hasta 10% (nom.)	12000 h	LLMF 12000h nominal, horiz.	92 %
Fallos vida útil hasta 50% (nom.)	15000 h	LLMF 18000h nominal, horiz.	91 %
Fallos vida útil hasta el 50% precalentamiento (nom.)	20000 h	LLMF 20000h nominal, horiz.	90 %
SSF 2.000 h nom, ciclo 3 h	99 %	<b>Operativas y eléctricas</b>	
LSF 4.000 h nom, ciclo 12 h	99 %	Power (Radio) (Nom)	36.0 W
LSF 6.000 h nom, ciclo 12 h	99 %	Corriente de lámpara (nom.)	0.440 A
SSF 8.000 h nom, ciclo 3 h	99 %	<b>Temperatura</b>	
SSF 12.000 h nom, ciclo 3 h	99 %	Temperatura de diseño (nom.)	25 °C
SSF 16.000 h nom, ciclo 3 h	33 %	<b>Controles y regulación</b>	
SSF 20.000 h nom, ciclo 3 h	2 %	Regulable	Si
<b>Datos técnicos de la luz</b>		<b>Aprobación y aplicación</b>	
Código de color	840 [ CCT de 4000 K (841)]	Etiqueta de eficiencia energética (EEL)	A
Flujo luminoso (nom.)	3350 lm	Contenido de mercurio (Hg) (nom.)	2.0 mg
Flujo luminoso (nominal) (nom.)	3350 lm	Consumo energético kWh/1000 h	42 kWh
Designación de color	Blanco frío (CW)	<b>Datos de producto</b>	
Temperatura del color con correlación (nom.)	4000 K	Código de producto completo	871150063201240
Eficacia luminosa (nominal) (nom.)	93 lm/W	Nombre de producto del pedido	MASTER TL-D Super 80 36W/840
Índice de reproducción cromática -IRC (nom.)	>80		1SL/25
LLMF 2000h nominal, horiz.	96 %		
LLMF 4000h nominal, horiz.	95 %		
LLMF 6000h nominal, horiz.	94 %		

Datasheet, 2018, Mayo 18

Datos sujetos a cambios



MASTER TL-D Super 80

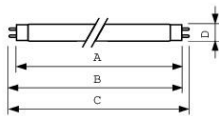
EAN/UPC - Producto	8711500632012
Código de pedido	63201240
Local Code	PHTLD3684
Cantidad por paquete	1
Numerador - Paquetes por caja exterior	25

N.º de material (12NC)	927921084023
Peso neto (pieza)	135.000 g
ILCOS Code	FD-36/40/18-E-G13

Advertencias y seguridad

- Es muy poco probable que la rotura de una lámpara tenga algún efecto en la salud. Si se rompe una lámpara, ventile la habitación durante 30 minutos y retire los restos, preferiblemente con guantes. Colóquelos en una bolsa de plástico sellada y llévela al punto limpio para reciclaje de su vecindario. No utilice una aspiradora.

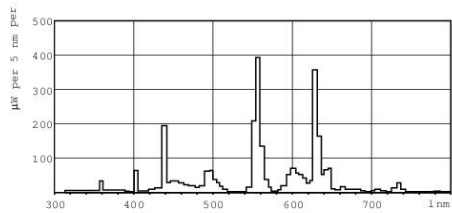
Plano de dimensiones



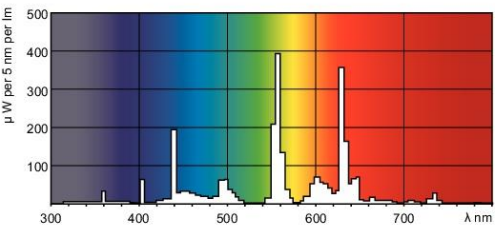
Product	D (max)	A (max)	B (max)	B (min)	C (max)
MASTER TL-D Super 80	28 mm	1199.4 mm	1206.5 mm	1204.1 mm	1213.6 mm
36W/840 1SL/25					

TL-D 36W/840

Datos fotométricos



Designación de color /840



Designación de color /840

## Enllumenat proposat



# MASTER LEDtube EM/Mains T8

## MAS LEDtube 600mm 9W 840 T8 RS

The Philips MASTER LEDtube integrates a LED light source into a traditional fluorescent form factor. Its unique design creates a perfectly uniform visual appearance which cannot be distinguished from traditional fluorescent. For those that are looking for value for money within limited budget and re-lamping efforts for better light effect and lifetime.

### Product data

General Information		Operating and Electrical	
Cap-Base	G13 [ Medium Bi-Pin Fluorescent]	Input Frequency	50 to 60 Hz
Main Application	Industrial	Power (Rated) (Nom)	9 W
Nominal Lifetime (Nom)	50000 h	Lamp Current (Max)	43 mA
Switching Cycle	200000X	Lamp Current (Min)	36 mA
BSOL70	50000 h	Starting Time (Nom)	0.5 s
Light Technical		Warm Up Time to 60% Light (Nom)	0.1 s
Color Code	840 [ CCT of 4000K]	Power Factor (Nom)	0.9
Beam Angle (Nom)	160 °	Voltage (Nom)	220-240 V
Luminous Flux (Nom)	1050 lm	Temperature	
Luminous Flux (Rated) (Nom)	1050 lm	T-Ambient (Max)	35 °C
Rated Beam Angle	160 °	T-Ambient (Min)	-20 °C
Correlated Color Temperature (Nom)	4000 K	T-Storage (Max)	65 °C
Luminous Efficacy (rated) (Nom)	117 lm/W	T-Storage (Min)	-45 °C
Color Constancy	<6	T-Case Maximum (Nom)	55 °C
Color Rendering Index (Nom)	83	Controls and Dimming	
LLMF At End Of Nominal Lifetime (Nom)	70 %	Dimmable	No

Datasheet, 2018, July 23

data subject to change

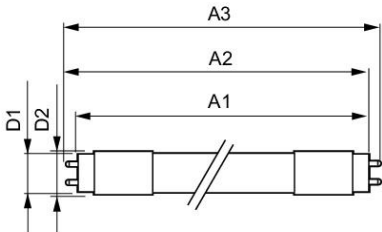
MASTER LEDtube EM/Mains T8

<b>Mechanical and Housing</b>		<b>Order product name</b>	
Product Length	600 mm	MAS LEDtube 600mm 9W 840 T8 RS	
<b>Approval and Application</b>		<b>EAN/UPC - Product</b>	
Energy Saving Product	Yes	8718696461433	
Suitable For Accent Lighting	No	<b>Order code</b>	
Energy Efficiency Label (EEL)	A+	929001149502	
Approval Marks	CE marking KEMA Keur certificate RoHS compliance	<b>Numerator - Quantity Per Pack</b>	
Energy Consumption kWh/1000 h	9 kWh	1	
<b>Product Data</b>		<b>Numerator - Packs per outer box</b>	
Full product code	871869646143300	10	
		<b>Material Nr. (12NC)</b>	
		929001149502	
		<b>Net Weight (Place)</b>	
		0.150 kg	

Warnings and Safety

- NOTES: The overall energy efficiency and light distribution of any installation that uses these lamps are determined by the design of the installation.

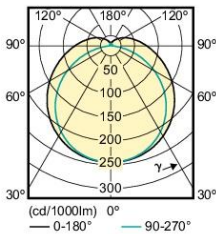
Dimensional drawing



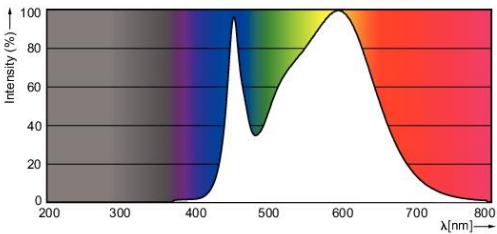
LEDtube VLE 600mm 10W/840 T8 ROT

Product	D1	D2	A1	A2	A3
MAS LEDtube 600mm 9W 840 T8 RS	25.7 mm	28 mm	588.5 mm	595.5 mm	602.5 mm

Photometric data



LEDtube VLE 600 mm 10 W T8 ROT



LEDtube VLE 600 mm 10 W /840 T8 ROT



# CorePro LEDtubo EM/230V

CorePro LEDtubo 1200mm HO 18W 840 T8

CorePro LEDtubo es una solución LED económica adecuada para la sustitución de lámparas fluorescentes T8. Proporciona un efecto de luz natural en aplicaciones de iluminación general, así como un ahorro energético inmediato. Es una solución respetuosa con el medio ambiente.

Datos del producto

Información general		Hora de inicio (nom.)		0.5 s
Base de casquillo	G13 [ Medium Bi-Pin Fluorescent]	Tiempo de calentamiento hasta el 80% flujo lum. (nom.)		0.5 s
Aplicación principal	Industrias	Factor de potencia (nom.)		0.9
Vida útil nominal (nom.)	30000 h	Voltaje (nom.)		220-240 V
Ciclo de conmutación	200.000X			
BSOL70	30000 h	Temperatura		
Datos técnicos de la luz		T ambiente (máx.)		45 °C
Código de color	840 [ CCT de 4000 K (841)]	T ambiente (mín.)		-20 °C
Flujo lumínico (nom.)	2000 lm	T de almacenamiento (máx.)		65 °C
Flujo lumínico (nominal) (nom.)	2000 lm	T de almacenamiento (mín.)		-40 °C
Temperatura del color con correlación (nom.)	4000 K	Temperatura máxima (nom.)		50 °C
Constancia del color	<6	Centros y regulación		
Índice de reproducción cromática -IRC (nom.)	90	Regulable		No
Límite al fin de vida útil nominal (nom.)	70 %	Mecánicas y de carcasa		
Operativos y eléctricos		Longitud de producto		1200 mm
Frecuencia de entrada	50 a 60 Hz	Aprobación y aplicación		
Power (Rated) (Nom)	18 W	Producto de ahorro de energía		Sí
Corriente de lámpara (nom.)	90 mA			

Datasheet, 2018, Julio 10

Datos sujetos a cambios

CorePro LEDtubo EM/230V

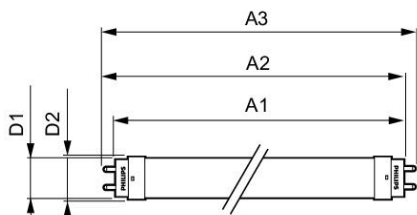
Etiqueta de eficiencia energética (EEL)	A+
Certificados disponibles	Marca CE Conformidad con RoHS Certificado KEMA Keur
Consumo energético kWh/1000 h	18 kWh
Datos de producto	
Código de producto completo	871869680613500
Nombre de producto del pedido	CorePro LEDtubo 1200mm HO 18W 840 T8

EAN/UPC - Producto	8718696806135
Código de pedido	80613500
Cantidad por paquete	1
Numerador - Paquetes por caja exterior	10
N.º de material (12NC)	929001874902
Peso neto (pieza)	0.215 kg

Advertencias y seguridad

-

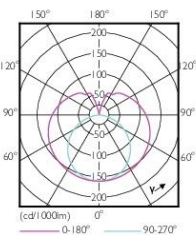
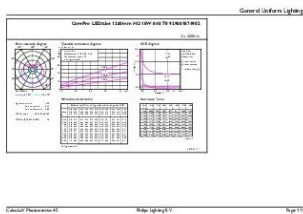
Plano de dimensiones



TLED 1200mm 18W-36W 2000lm 240D 4000K

Product	D1	D2	A1	A2	A3
CorePro LEDtubo 1200mm HO 18W 840 T8	25.7 mm	28 mm	1198 mm	1205 mm	1212 mm

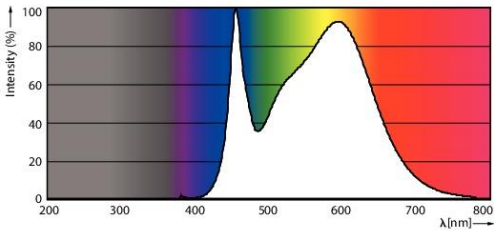
Datos fotométricos



18W G13 840 4000K

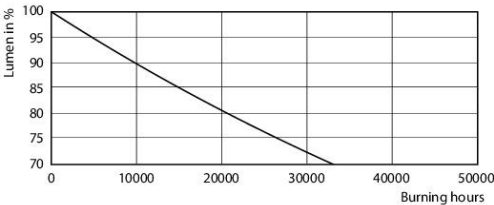
CorePro LEDtubo EM/230V

Datos fotométricos

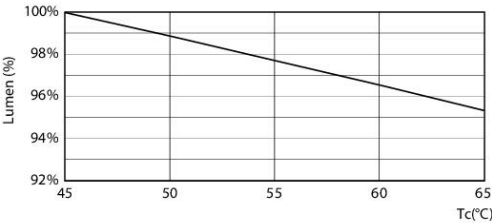


18W G13

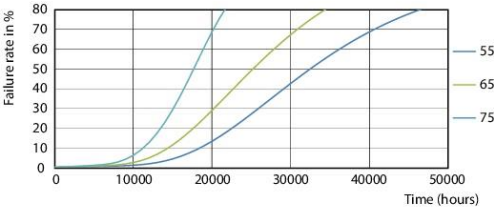
Vida útil



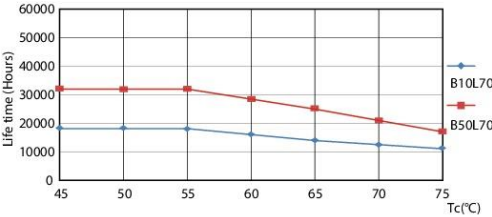
18W G13



18W G13




18W G13



18W G13

## Panells fotovoltaics




**vikram solar**  
vision in action

**SOLAR PHOTOVOLTAIC MODULE**  
**ELDORA ULTIMA SILVER SERIES**  
**MODEL: ELDORA VSP.60.255.03**

**ELECTRICAL RATING**

RATED PEAK POWER (0 ~ +4.99Wp)	(Pmpp)	255 W
OPEN CIRCUIT VOLTAGE	(Voc)	37.6 V
SHORT CIRCUIT CURRENT	(Isc)	8.99 A
RATED VOLTAGE	(Vmpp)	30.2 V
RATED CURRENT	(Impp)	8.44 A
FILL FACTOR	(FF)	76.89 %
EFFICIENCY	(%)	15.67 %
FIRE RATING	(TYPE 1)	(CLASS C)
NOCT		45 °C
MAXIMUM SYSTEM OPERATING VOLTAGE		1000 V (IEC)
DIMENSION		1640x992x40 mm

Power specification is measured at standard test condition. Insulation 1000W/m<sup>2</sup>, AM 1.5, 25°C cell temperature.








**WARNING ELECTRICAL HAZARD**

Solar module produce DC electricity when expose to sun light. Before installing, using & maintaining this product, read and follow all safety instructions outlined in the instruction manual. Module wired in series increases shock hazard. For field wiring cover solar module with opaque material during connection, installation and operation should be in accordance with the national electrical code and manufacturer's installation guide.

**FIELD WIRING**

Use only UL recognized matching connector with 12 AWG min. copper wire. Insulation rated for 90° C min. insulation manual for bypass Diode replacement. Use 15A maximum series fuse.

This unit produces electricity when expose to light.  
Cover glass before connecting to the load

**VIKRAM SOLAR PVT. LTD.**  
 TOBACCO HOUSE, 1, Old Court House corner, Kolkata-700001, India  
 Tel: +913322307299, Fax: +913322484881,  
 E mail: info@vikramsolar.com, Web: www.vikramsolar.com  
**MADE IN INDIA**



## Inversor Híbrid instal·lació fotovoltaica



Energías renovables

### CirPower Hybrid



#### Inversor solar híbrido multigestión

##### Descripción

Los **CirPower Hybrid** son inversores híbridos solares para instalaciones fotovoltaicas con autoconsumo. Son capaces de gestionar la carga de excedentes energéticos en baterías así como su posterior descarga para alimentar consumos cuando la potencia instantánea del generador solar no es suficiente. Este inversor híbrido incorpora un regulador de carga con un MPPT (seguidor del punto de máxima potencia), así como la función de inversor-cargador con capacidad de conexión a red (certificado).

El **CirPower Hybrid** dispone de 2 salidas CA. La primera, para conectar cargas aseguradas (función UPS/SAI) las cuales mantendrán su alimentación incluso cuando se interrumpa el suministro eléctrico. La segunda, para conectar cargas tanto en instalaciones con red eléctrica como en instalaciones aisladas. **CirPower Hybrid** esta especialmente diseñado para ofrecer al usuario una interacción sencilla e intuitiva mediante una pantalla de color táctil de 3,5 pulgadas. El inversor dispone de un servidor web con gráficos que permite monitorizar la instalación en cualquier momento y una base de datos interna que registra el comportamiento de todos los flujos de energía. Algunas de sus principales prestaciones son:

- Carga de baterías desde módulos fotovoltaicos o desde la red eléctrica.
- Algoritmo optimizado para baterías de plomo, abiertas o cerradas, o con BMS de baterías de ión de litio.
- Datalogger con registro de históricos de datos descargable (sin software adicional).
- Comunicaciones RS-485 para comunicar con analizadores de redes.
- 5 modos de trabajo fácilmente configurables.
- Patente de optimización de seguidor MPPT y almacenamiento de energía.
- Patente de desconexión y reconexión de la red eléctrica y almacenamiento de energía.

##### Aplicaciones

- Instalaciones fotovoltaicas conectadas a red con acumulación de energía en baterías.
- Instalaciones aisladas de red con acumulación de energía en baterías.
- Micro-redes.
- Instalaciones de autoconsumo sin inyección a red o con inyección controlada.

##### Características técnicas

Entrada CC	Máxima Potencia CC ( $\cos \varphi = 1$ )	4250 W
	Tensión máxima $V_{cc}$	550 V <sub>cc</sub>
	Tensión mínima	170 V <sub>cc</sub>
	Tensión Stand-by	125 V <sub>cc</sub>
	Rango de tensión MPPT	170...500 V <sub>cc</sub>
	Eficiencia MPPT	99,9%
	Corriente máxima	20 A
Entrada a Batería	Tensión nominal	48 V
	Rango de Tensión	36...60 V
	Corriente máxima (Carga/Descarga)	80/50 A
	Control de Carga	CC/CV
	Seguridad	Aislamiento reforzado
Salida CA (red)	Potencia CA (230 V, 50 Hz, $\cos \varphi = 1$ )	4000 W
	Tensión nominal - Frecuencia	230 V - 50/60 Hz
	Rango de Tensión CA *	180...270 V
	Rango de Frecuencia *	55...65 Hz
	Corriente nominal (230 V)	17,4 A
	Corriente de cortocircuito	25 A
	THD(I) con THD(I) = 3%	< 3,5%
	PF	0,5 (capacitivo)...1...0,5 (inductivo)
	Potencia Stand-by	< 2 W
	Consumo nocturno	< 0,5 W
	Eficiencia máxima	96,5%
	Topología	Sin transformador
	Potencia CA (Salida SAI/UPS) (230 V, 50 Hz, $\cos \varphi = 1$ )	4000 W
Salida CA (Salida SAI/UPS)	Tensión nominal - Frecuencia	230 V - 50/60 Hz
	Rango de Tensión CA *	180...270 V
	Rango de Frecuencia *	55...65 Hz
	Corriente nominal (230 V)	17,4 A
	Corriente de cortocircuito	25 A
	THD(I) con THD(I) = 3%	< 3,5%

\* Potencia máxima (red de CA + SAI CA) es 4000 W



Energías renovables

E

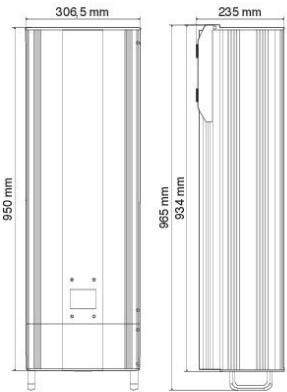
# CirPower Hybrid

## Inversor solar híbrido multigestión

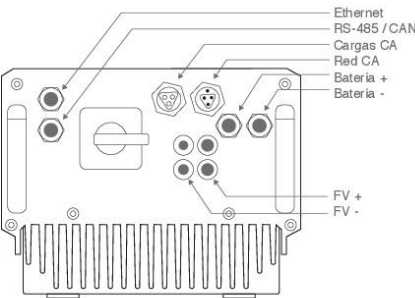
Características técnicas		
Interfaz de usuario	Tipo	Pantalla táctil TFT 3,5" a color
	Datalogger	Almacena la energía producida hasta 5 años y el rendimiento diario. Gráfico de la energía generada a diario
Comunicaciones	Ethernet	Web server, Modbus/TCP para Control y monitorización
	RS-485	Modbus protocol
	CAN Bus	Control BMS - CAN Protocol
Características ambientales	Categoría ambiental (EN 62109-1)	Exterior
	Temperatura de trabajo (sin reducción de potencia)	-20...50 °C
	Temperatura de almacenamiento	-35...70 °C
	Ruido	< 30 dBA
	Humedad Relativa	4...100%
	Altitud máxima	2000 m
Características mecánicas	Dimensiones	300 x 950 x 200 mm
	Peso	50 kg
	Grado Protección	IP 55
	Refrigeración	Por convección natural
	Conexiones CC	Conector tipo MC4
	Conexiones CA	Wiedland Gesis 2P+E 25A
Seguridad	Protección diferencial	Tipo B, RCCB, según EN 62109-2
	Monitor de fallo a tierra	Monitor de aislamiento programable
	Dispositivo anti-isla	Monitor de red, sistema anti-isla (cargas resonantes), relés de seguridad redundantes
	Dispositivo desconexión CC	Interruptor manual incluido
	Categoría sobretensión	Categoría III
	Grado de contaminación (Exterior / Interior)	3 / 2
Normas	EN 62109-1, EN 62109-2, IEC 62116, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3, VDE 0126-1-1, VDE AR-N4105, CEI 0-21, RD 1699:2011, G59/1-2	

Referencias					
Tipo	Código	Sistema	Potencia	Tensión Batería	Corriente de carga/descarga
CirPower Hybrid	E15311	Monofásico	4 kW	48 V	80/50 A

### Dimensiones



### Conexiones



Bateries instal·lació fotovoltaica



BATERIAS ESTACIONARIAS VESNA TOPzS DE BAJO MANTENIMIENTO

Las baterías estacionarias topzs se fabrican de acuerdo a la normativa din 40736, en 60896 y iec 896-1. Los acumuladores individuales (2v) están fabricados en recipientes de polipropileno translúcido. Las baterías estacionarias del tipo topzs están especialmente diseñadas para instalaciones solares. Debido a su extremada baja descarga las placas positivas tubulares son adecuadas para sistemas solares off-grid (aislados).



TOPzS elementos 2V

Diseño

- ELECTRODO POSITIVO**
  - Placa Tubular con baja aleación de antimonio (<2%)
- ELECTRODO NEGATIVO**
  - Placa plana con expansor de larga duración
- SEPARACIÓN**
  - Separador microporoso
- ELECTROLITO**
  - Ácido sulfúrico peso específico de 1,24 g/cm<sup>3</sup>
- RECIPIENTE**
  - Polipropileno Transparente
- TAPA**
  - Polipropileno en color verde
- SELLADO DEL BORNE**
  - Estanteidad al 100% de gas y electrolito, junta de goma de alta densidad
- TERMINALES**
  - Terminal hembra (M10) tratado. Perfecto contacto y baja resistencia con cables de conexión flexibles.
- CONEXIÓN**
  - Cable de cobre flexible y aislado, con una sección transversal de 35, 50, o 70 mm<sup>2</sup>
- BORNE ATORNILLADO**
  - M10, acero, aislado

Carga

- IU - CARACTERÍSTICAS**
  - Imax sin límite
- CARGA DE FLOTACIÓN**
  - U = 2,23 V / celda ± 1%,
- CARGA INICIAL**
  - U = 2,35 a 2,40 V / celda

Características de descarga

- TEMPERATURA DE REFERENCIA**
  - 20°C en el C10 (1,80 V / celda) y 25°C en C100 (1,85 V / celda)
- CAPACIDAD INICIAL**
  - 100 %
- INTENSIDAD DE DESCARGA**
  - Normalmente hasta el 80%
  - Más del 80% POD o descargas mas allá de las tensiones de descarga final (independientes de la corriente de descarga) tienen que ser evitadas

Datos operativos

- VIDA ÚTIL**
  - Hasta 15 años
- AUTODESCARGA**
  - Aprox. 3% por mes a 20°C
- TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO**
  - 20°C a 55°C, se recomienda su uso entre 10°C a 30°C
- NORMATIVAS**
  - IEC 896-1, EN 60896-1, EN 61427
- NORMA DE SEGURIDAD, VENTILACIÓN**
  - EN 50272-2
- TRANSPORTE**
  - Estas mercancías NO SE CONSIDERAN MERCANCIAS PELIGROSAS durante el transporte por carretera

- Stock inmediato de todas las referencias.
- 5 almacenes logísticos (Madrid, Barcelona, Valencia, Mallorca y Canarias).
- Línea de producción independiente y preferente.

Tipo de celda	VOLTAJE (V)	LxWxH (mm)	Peso (Kg) vacío / lleno	C10 (Rh) Uf=1.80V at 20°C	C100 (Rh) Uf=1.85V at 25°C
3 TOPzS 265	2	198x83x472	12,4/18,4	265	345
4 TOPzS 353	2	198x101x472	16/23,3	353	458
5 TOPzS 442	2	198x119x472	20,2/29	442	575
4 TOPzS 500	2	198x101x720	24,3/35,2	500	650
5 TOPzS 625	2	198x119x720	30,3/43,2	625	812
6 TOPzS 750	2	198x137x720	38,0/53,5	750	975
7 TOPzS 875	2	198x173x720	44,0/64,2	875	1137
8 TOPzS 1000	2	198x191x720	50,2/72,5	1000	1300

Las baterías estacionarias del tipo TOPzS se fabrican según norma DIN 40736, EN 60896, EN 61427 y IEC 896-1 y sus reglamentos.

La densidad del ácido en una celda con carga eléctrica es 1,24 ± 0,1 kg / l a 293° K (20°C ±). Los ciclos no deben superar el 80% de la capacidad nominal. Una descarga profunda puede reducir el tiempo de vida de la batería.



MANTENIMIENTO















- CADA 6 MESES**
  - Revise el voltaje y la densidad de la batería así como su temperatura en cada elemento (vaso)
- CADA 12 MESES**
  - Descargar completamente la batería y revise la densidad así como su temperatura en cada elemento (vaso)

## **Annex VI. Preus Desglossats**












Preu Extradossat de guix laminat

E83E\_02 - EXTRADOSSAT AMB PLACA DE GUIX LAMINAT, COL·LOCADA SOBRE PERFILERIA

Extradossat de plaques de guix laminat format per estructura autoportant lliure normal N amb perfil·leria de planxa d'acer galvanitzat, amb un gruix total de l'extradossat de 51 mm, muntants cada 400 mm de 36 mm d'amplària i canals de 36 mm d'amplària, amb 1 placa tipus resistent al foc (F) de 15 mm de gruix, fixada mecànicament i aïllament amb plaques de llana mineral de vidre

JUSTIFICACIÓ DE PREUS						
T	Codi	Descripció		Preu	Quantitat	Import
	A0127000	Oficial 1a col·locador		23,85000 €/ h	x 0,3800 h	= 9,06300 €
	A0137000	Ajudant col·locador		21,17000 €/ h	x 0,1300 h	= 2,75210 €
	B0A44000	Visos per a plaques de guix laminat		9,30000 € / cu	x 0,4200 cu	= 3,90600 €
	B0A4A400	Visos galvanitzats		2,43000 € / cu	x 0,1200 cu	= 0,29160 €
	B0A61600	Tac de niló de 6 a 8 mm de diàmetre, amb vis		0,15000 € / u	x 6,0000 u	= 0,90000 €
	B0CC3410	Placa de guix laminat resistent al foc (F) i gruix 15 mm, amb vora afinada (BA), segons la norma UNE-EN 520		7,44000 € / m2	x 1,0300 m2	= 7,66320 €
	B6B11111	Muntant de planxa d'acer galvanitzat, en paraments verticals amb perfils 36 mm d'amplària		0,83000 € / m	x 3,5000 m	= 2,90500 €
	B6B12111	Canal de planxa d'acer galvanitzat, en paraments horitzontals amb perfils 36 mm d'amplària		0,80000 € / m	x 0,9500 m	= 0,76000 €
	B6BZ1A10	Banda acústica autoadhesiva fins a 50 mm d'amplària per a junts de plaques de guix laminat		0,51000 € / m	x 0,4700 m	= 0,23970 €
	B7C4E300	Placa semirígida de llana mineral de vidre (MW) per a aïllaments, segons UNE-EN 13162, de gruix 30 mm, amb una conductivitat tèrmica <= 0.038 W/mK, resistència tèrmica >= 0,78947 m2.K/W		1,14000 € / m2	x 1,0300 m2	= 1,17420 €
	B7J500ZZ	Massilla per a junt de plaques de cartró-guix		1,07000 € / kg	x 0,8000 kg	= 0,85600 €
	B7JZ00E1	Cinta de paper resistent per a junts de plaques de guix laminat		0,07000 € / m	x 4,0000 m	= 0,28000 €
A%AUX001		Despeses auxiliars sobre la mà d'obra		11,81510 € / %	x 0,0150 %	= 0,17723 €
Total		 11,82 €	 18,98 €	Cost directe 30,96803 € / m2		

INFORMACIÓ AMBIENTAL

T	 Cost energètic	Cost energètic		Emissió CO2		
		MJ	kW·h	kg		
	B0A44000	Visos per a plaques de guix laminat	0,4200 cu	10,29	2,86	0,83
	B0A4A400	Visos galvanitzats	0,1200 cu	3,50	0,97	0,26
	B0A61600	Tac de niló de 6 a 8 mm de diàmetre, amb vis	6,0000 u	11,41	3,17	1,03
	B0CC3410	Placa de guix laminat resistent al foc (F) i gruix 15 mm, amb vora afinada (BA), segons la norma UNE-EN 520	1,0300 m2	82,46	22,91	4,71
	B6B11111	Muntant de planxa d'acer galvanitzat, en paraments verticals amb perfils 36 mm d'amplària	3,5000 m	77,37	21,49	5,81
	B6B12111	Canal de planxa d'acer galvanitzat, en paraments horitzontals amb perfils 36 mm d'amplària	0,9500 m	16,25	4,51	1,22
	B6BZ1A10	Banda acústica autoadhesiva fins a 50 mm d'amplària per a junts de plaques de guix laminat	0,4700 m	4,23	1,18	0,62
	B7C4E300	Placa semirígida de llana mineral de vidre (MW) per a aïllaments, segons UNE-EN 13162, de gruix 30 mm, amb una conductivitat tèrmica <= 0.038 W/mK, resistència tèrmica >= 0,78947 m2.K/W	1,0300 m2	24,06	6,68	0,73
	B7J500ZZ	Massilla per a junt de plaques de cartró-guix	0,8000 kg	16,00	4,44	2,36
	B7JZ00E1	Cinta de paper resistent per a junts de plaques de guix laminat	4,0000 m	0,87	0,24	0,0504
Total				246,44	68,45	17,61

Residus	Massa (kg)	Volum (m ³)
Separació selectiva segons classificació LER (Llista Europea de Residus) específica	0,62	0,0025
Residus de col·locació	0,40	0,0013
170802 (materials de construcció realitzats amb guix que no estan contaminats amb substàncies perilloses)	0,38	4,50E-4
170604 (materials d'aïllament que no contenen amiant ni altres substàncies perilloses)	0,0144	9,00E-4
Residus d'embalatge	0,22	0,0012
150101 (envasos de paper i cartró)	0,0142	6,74E-5
150103 (envasos de fusta)	0,19	0,0011
150102 (envasos de plàstic)	0,0162	1,78E-5
150110* (envasos amb restes de substàncies perilloses o contaminats per elles)	0,0060	6,34E-6
Separació selectiva segons límits del RD 105/2008	0,62	0,0025
170904 (residus barrejats de construcció i demolició que no contenen, mercuri, PCB ni substàncies perilloses)	0,40	0,0013
150101 (envasos de paper i cartró)	0,0142	6,74E-5
170201 (fusta)	0,19	0,0011
170203 (plàstic)	0,0162	1,78E-5
170903* (residus barrejats de construcció i demolició que contenen substàncies perilloses)	0,0060	6,34E-6
Separació selectiva mínima per tipus de residu	0,62	0,0025
no perillosos	0,61	0,0025
perillosos	0,0060	6,34E-6



Preu materia prima SATE

17CD\_01 - AÏLLAMENT EXTERIOR I REVESTIMENT CONTINU AMORF







17CDE095 50,68 € / m2

Sistema d'aïllament tèrmic per l'exterior (SATE) amb aïllament exterior per a suport de revestiment prim, amb planxa de poliestirè expandit (EPS), de 90 mm de gruix, de 60 kPa de tensió a la compressió, de 2.3 m2.K/W de resistència tèrmica, amb una cara llisa i cantell recte, fixada mecànicament amb morter de ciment per a ús corrent (GP) i tac i suport de niló, i revestida amb morter de ciment per a ús corrent (GP) amb malla de fibra de vidre revestida de PVC, de dimensions 4x4 mm, amb un pes mínim de 160 g/m2 embeguda, acabat exteriorment amb arrebossat amb morter monocapa (OC) de ciment, de designació CSIV-W2, segons la norma UNE-EN 998-1, col·locat manualment i acabat rugós, amb part proporcional de protecció d'aresta amb cantonera d'alumini de 5 mm de gruix i 25 mm de desenvolupament. No inclou la preparació del suport. B2+R3 segons CTE/DB-HS

JUSTIFICACIÓ DE PREUS

T	Codi	Descripció	Preu	Quantitat	Import
✚	E7CDE491	Aïllament exterior per a suport de revestiment prim, amb planxa de poliestirè expandit (EPS), de 90 mm de gruix, de 60 kPa de tensió a la compressió, de 2.3 m2.K/W de resistència tèrmica, amb una cara llisa i cantell recte, fixada mecànicament amb morter de ciment per a ús corrent (GP) i tac i suport de niló, i revestida amb morter de ciment per a ús corrent (GP) amb malla de fibra de vidre revestida de PVC, de dimensions 4x4 mm, amb un pes mínim de 160 g/m2 embeguda	28,29746 € / m2 x	1,0000 m2 =	28,29746 €
✚	E81ZB9K0	Protecció d'aresta amb cantonera d'alumini de 5 mm de gruix i 25 mm de desenvolupament	4,15992 € / m x	0,5000 m =	2,07996 €
✚	E881C146	Arrebossat amb morter monocapa (OC) de ciment, de designació CSIV-W2, segons la norma UNE-EN 998-1, col·locat manualment i acabat rugós	20,30285 € / m2 x	1,0000 m2 =	20,30285 €
Total			Cost directe 50,68027 € / m2		

INFORMACIÓ AMBIENTAL

T	 Cost energètic	Cost energètic		Emissió CO2	
		MJ	kW-h	kg	
 E7CDE491	Aïllament exterior per a suport de revestiment prim, amb planxa de poliestirè expandit (EPS), de 90 mm de gruix, de 60 kPa de tensió a la compressió, de 2.3 m2.K/W de resistència tèrmica, amb una cara llisa i cantell recte, fixada mecànicament amb morter de ciment per a ús corrent (GP) i tac i suport de niló, i revestida amb morter de ciment per a ús corrent (GP) amb malla de fibra de vidre revestida de PVC, de dimensions 4x4 mm, amb un pes mínim de 160 g/m2 embeguda	1,0000 m2	199,31	55,36	29,39
 E81ZB9K0	Protecció d'aresta amb cantonera d'alumini de 5 mm de gruix i 25 mm de desenvolupament	0,5000 m	9,88	2,75	0,57
 E881C146	Arrebossat amb morter monocapa (OC) de ciment, de designació CSIV-W2, segons la norma UNE-EN 998-1, col·locat manualment i acabat rugós	1,0000 m2	86,64	24,07	14,02
Total			295,84	82,18	43,98

Residus	Massa (kg)	Volum (m³)
Separació selectiva segons classificació LER (Llista Europea de Residus) específica	2,15	0,0100
Residus de col·locació	1,02	0,0051
170604 (materials d'aïllament que no contenen amiant ni altres substàncies perilloses)	0,0675	0,0045
170402 (alumini)	0,0012	1,30E-6
170101 (formigó)	0,95	5,61E-4
Residus d'embalatge	1,13	0,0050
150102 (envasos de plàstic)	0,0457	5,02E-5
150103 (envasos de fusta)	0,75	0,0043
150101 (envasos de paper i cartró)	0,25	4,84E-4
150110* (envasos amb restes de substàncies perilloses o contaminats per elles)	0,0938	9,98E-5
Separació selectiva segons límits del RD 105/2008	2,15	0,0100
170904 (residus barrejats de construcció i demolició que no contenen mercuri, PCB ni substàncies perilloses)	0,0675	0,0045
170203 (plàstic)	0,0457	5,02E-5
170201 (fusta)	0,75	0,0043
150101 (envasos de paper i cartró)	0,25	4,84E-4
170903* (residus barrejats de construcció i demolició que contenen substàncies perilloses)	0,0938	9,98E-5
170407 (metalls barrejats)	0,0012	1,30E-6
170101 (formigó)	0,95	5,61E-4
Separació selectiva mínima per tipus de residu	2,15	0,0100
no perillosos	1,11	0,0094
perillosos	0,0938	9,98E-5
inerts	0,95	5,61E-4

